

2023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	8

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、5枚すべての解答用紙に受験番号を必ず記入すること。
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、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上に置くこと。
5. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

問題 1

問 1 辺の長さが L で x 軸, y 軸, z 軸方向を 3 辺とする立方体の箱があり, これらの軸に静止した観測者から見て箱は一定の速さ u ($u > 0$) で x 軸正方向に移動している。時刻 0 に箱の 1 つの面は yz 平面 ($x = 0$) にあるとする。以下, 重力の影響は無視するとする。

箱の中に質点とみなせる粒子があり, 粒子と箱の壁は弾性衝突するとする。

箱の中に 1 個の質量 m の粒子があり, 時刻 0 に観測者からみて x 軸正方向に速さ v ($v > 2u$) で箱の中の $x = L/2$ の位置を運動している。

- (1) 時刻 0 における箱と粒子の相対速度の大きさを答えなさい。
- (2) 質点が最初に箱の壁 (A 面とする) と衝突した直後の, 観測者から見た質点の速さを答えなさい。
- (3) (2)の後, 粒子が A 面と反対の yz 面 (B 面とする) に衝突するまでの時間を求めなさい。
- (4) 粒子が A 面に衝突する単位時間当たりの回数を求めなさい。
- (5) 壁 A が粒子から受ける力を求めなさい。

箱の中に N 個の質量 m の粒子があり, 時刻 0 に観測者からみて粒子 i は x 軸方向に速さ v_i^x ($v_i^x > u$) で運動している。

- (6) 壁 A が N 個の質量 m の粒子から受ける圧力を求めなさい。
- (7) 粒子が理想気体をなし箱の中は平衡状態と考えたとき, 観測者から見た粒子の速度と温度との関係式を導き出しなさい。
- (8) (7)から, 温度と速度の関係を漢字 2 文字で表される言葉で述べなさい (温度は速度の $\square\square$)。

問 2 時刻 0 に辺の長さが L で x 軸, y 軸, z 軸方向を 3 辺とする立方体の箱がある。
箱の頂点の 1 つ O は原点に固定されており, 点 O を含み x 軸に垂直な面を B 面とする。時刻 0 に点 $(L, 0, 0)$ に他の頂点 P があり, 点 P を含み x 軸に垂直な面を A 面とする。 A 面は速さ u で x 軸正方向に移動しており, これとともに箱の体積 V が増加している。重力の影響は無視するとする。箱の中に質点とみなせる粒子があるとし, 粒子と箱の壁は弾性衝突するとする。

箱の中に 1 個の質量 m の粒子があり, 時刻 0 に $x=L$ の位置から x 軸負方向に速さ v ($v \gg u$) で運動している。

過程 1 : 時刻 $t > 0$ で粒子が壁 B に衝突し, 壁 A に至る過程を考える。

- (1) 粒子が壁 B に衝突する時刻を求めなさい。
- (2) 粒子が壁 A に衝突する時刻を求めなさい。
- (3) (1)(2)の過程において, 壁 B が受ける力の時間平均が粒子が受ける力積から導かれるとして, 壁 B が受ける圧力 P_1 を求めなさい。

過程 2 : 過程 1 の後, 粒子が再度壁 B に衝突し, 壁 A に至る過程を考える。

- (4) 過程 1 の直後, x 軸負方向に運動する粒子の速さを求めなさい。
- (5) 粒子が壁 B に衝突する時刻を求めなさい。
- (6) (5)の後, 粒子が壁 A に衝突する時刻を求めなさい。
- (7) (5)(6)の過程において, 壁 B が受ける圧力 P_2 を求めなさい。
- (8) $\Delta P = P_1 - P_2$, $P = P_1$ とし, 関係式: $\frac{\Delta P}{P} = X \frac{u}{v}$ について X を求めなさい。

ただし, 2 次以上の微小量は無視するものとし, 必要に応じて x の絶対値が小さいときの近似式: $(1+x)^n \approx 1+nx$ を用いなさい。

- (9) 過程 1 と過程 2 において, 粒子が壁 A に衝突した時刻の箱の体積を, それぞれ V_1 , V_2 とする。 $V = V_2 - V_1$, $V = V_1$ とし, 関係式: $\frac{\Delta V}{V} = Y \frac{u}{v}$ について Y を求めなさい。
- (10) 関係式, $PV^\gamma = \text{一定}$, について γ の値を求めなさい。

問題 2

以下の問に答えなさい。

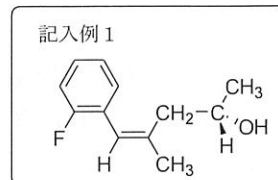
なお、特に指示のない限り、有機化合物の構造式は右に示した

記入例 1 にならって書きなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$,

$N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, 気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ と

する。また、必要に応じて以下の値を用いなさい。

$$\sqrt{1.8} \doteq 1.34, \sqrt{18} \doteq 4.24$$



問 1 以下の問に答えなさい。なお、数値は有効数字 2 桁で解答すること。ただし大気圧下、 25.0°C における水のイオン積は $1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$, NH_3 水溶液の K_b は $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ であるとし、 HCl との反応に伴う水溶液の体積変化や温度変化は無視できるとする。

(1) 大気圧下、 25.0°C における、 $0.0100 \text{ mol dm}^{-3}$ の NH_3 水溶液がある。この水溶液中の水素イオン濃度 (mol dm^{-3}) および OH^- イオン濃度 (mol dm^{-3}) を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

(2) $0.0100 \text{ mol dm}^{-3}$ の NH_3 水溶液 1.00 dm^3 に、 0.0050 mol の HCl を吹き込んで完全に反応させた。

大気圧下、 25.0°C における、この水溶液の水素イオン濃度 (mol dm^{-3}) を答えなさい。

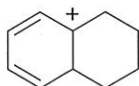
なお、計算過程も示しなさい。

問 2 系を構成する物質と状態のみで決まり、そこに至る経路に依存しない物理量を一般に何と呼ぶか、日本語で答えなさい。

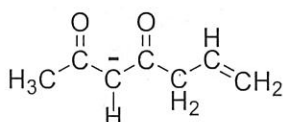
問 3 ある化合物の分子式は $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$ であり、 ^1H NMR スペクトルにおいて一組の二重線と一組の七重線のみを示すという。この化合物の構造式を示しなさい。ただし、 ^{13}C とのスピン-スピン結合の影響等は無視できるとする。

問 4 次のそれぞれのイオンについて、それぞれの共鳴構造式の一つを示してある。他の可能な共鳴構造式を全て示しなさい。

(1)

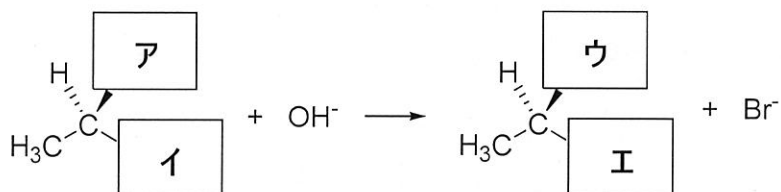


(2)



問5 (*S*)-2-bromopentane と OH⁻ イオン間の反応を検討したところ, S_N2 反応が進行した。
この反応について、以下の問に答えなさい。

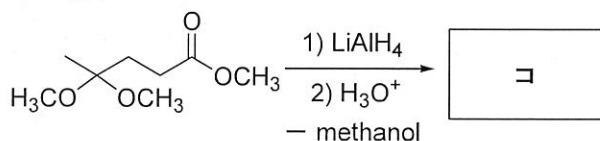
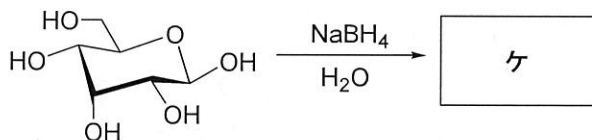
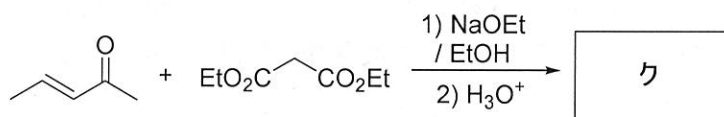
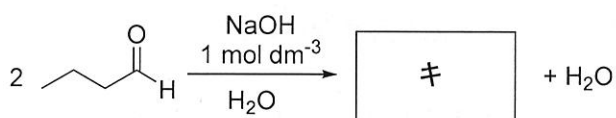
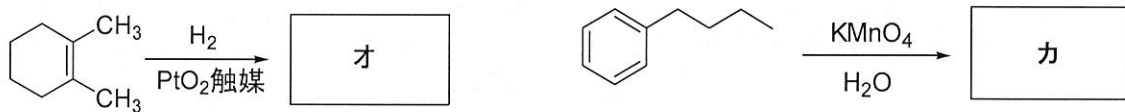
(1) 本反応について、以下の空欄（ア～エ）に適切な置換基を記入し、反応式を完成させなさい。



(2) 以下の変化は反応速度を何倍に変化させると予測されるか、答えなさい。

- (a) OH⁻ の濃度を 3 倍にして、(*S*)-2-bromopentane の濃度を半分にする。
 (b) (*S*)-2-bromopentane および OH⁻ の物質量は変えず、溶媒を追加して、反応溶液の体積を 3 倍にする。

問6 次の反応によって主生成物として得られる有機化合物（オ～コ）の構造式を示しなさい。なお、鏡像異性体を区別して書かなくてもよい。また、(オ) の構造式は立体構造がわかるように示し、(ケ) については Fischer 投影式を示しなさい。



問題3

以下の文章を読んで問に答えなさい。

解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

タスマニアデビルという肉食性有袋類が絶滅の危機に瀕している。1990年代に、ある1個体に発生した「がん」が原因である。タスマニアデビルは繁殖期などに激しい噛み合いを演じるが、このがん細胞は、こうした際の傷から別の個体へ侵入・生着して増殖する。増大した腫瘍は、担当個体の摂食を妨げて死に至らしめ、感染個体の致死率はほぼ100%である。デビル顔面腫瘍性疾患（以下DFTDと呼ぶ）と名付けられたこの疾患は、繁殖期に異性を求めて広範囲に移動して互いに闘争する習性から急速に広がり、その生息数の急激な減少をもたらした。このため、2000年代初頭には、野生のタスマニアデビルは遠からず絶滅するものと悲観的に予測されていた。

問1 個体群のサイズが小さくなるとともに絶滅リスクとなる要因が顕在化し、ついにはそれらが連動して絶滅の渦へと引きこまれていく。顕在化してくるリスク要因のうち2つをあげ、それぞれについて説明せよ。

問2 DFTDを引き起こしているがん細胞（以下DFT細胞と呼ぶ）は、ある1個体のシュワン細胞になるはずだった細胞に由来していることがわかっている。

(1) 以下の語句のうちシュワン細胞に関連の深いものを3つ選び、その番号を解答欄に記せ。

- ①外胚葉 ②肝細胞 ③キネシン ④神経堤細胞 ⑤中胚葉 ⑥デフェンシン
⑦パネート細胞 ⑧放射状グリア細胞 ⑨内胚葉 ⑩ミエリン ⑪ミオシン

(2) どのような実験・解析をおこなって、それによってどのような結果が得られれば、DFT細胞が

(i) ある1個体に由来する

(ii) シュワン細胞になるはずだった細胞に由来する

と推定できるだろうか。それぞれについて具体的に記せ。

問3 ある個体の細胞を他の個体に移植しても、通常は生着することはない。この機構において重要な役割を果たしているのがMHC class I分子（以下MHC-Iと略称する）である。

(1) 細胞傷害性T細胞が、健常細胞には反応することなく、感染細胞や変異細胞を選択的に認識して排除する機構を、下記の語を用いて説明せよ。

MHC-I T細胞受容体（TCRと略称してよい） プロテアソーム

(2) 他個体の細胞はなぜ生着しないのか、前問の解答を援用して説明せよ。

- (3) ABO 血液型は A 型糖鎖・B 型糖鎖に対する抗体の有無で分類される。A 型の人は A 型糖鎖を有する赤血球と B 型糖鎖に対する抗体を持ち、B 型の人は B 型糖鎖を有する赤血球と A 型糖鎖に対する抗体を持つ。そして、A 型の人をもつ B 型糖鎖に対する抗体は、B 型の人赤血球を凝集させる。A 型の人自身の持つ A 型糖鎖に対する抗体を持たないのは先の設問に対する解答から明らかであるが、では、どうして、出会ったことのない B 型の赤血球を凝集させる抗体を持っているのだろうか。あなたの知るところ、もしくは考えを記せ。

問 4 DFT 細胞では MHC-I 遺伝子から mRNA は転写されているのに MHC-I が細胞膜に現れておらず、それは、機能的な MHC-I の構築に必要なタンパク質 A とタンパク質 B の発現が共になくなっているためであることがわかった。

- (1) MHC-I が細胞膜に現れていないと DFT 細胞は他個体で生着しやすくなる。それはなぜか、記せ。
- (2) DFT 細胞においてタンパク質 A とタンパク質 B をコードする遺伝子の転写制御領域の配列とそのメチル化状態を調べたが、いずれも通常の細胞との差は認められなかった。
- (i) 解答欄にタンパク質 A のプロモーター付近の塩基配列の一部を示す。メチル化されうる塩基をすべてわかりやすく「○ (まる)」で囲んで示せ。
- (ii) DNA がメチル化された領域においては転写が不活性化状態になることが多い。DNA のメチル化が転写の不活性化を導く機構について、「HP1」の語を用いて説明せよ。
- (3) DFT 細胞にヒストン脱アセチル化酵素の阻害剤を加えると、タンパク質 A とタンパク質 B をコードする遺伝子の発現が認められるようになるとともに MHC-I が細胞膜に現れてきた。ヒストン脱アセチル化酵素の阻害剤はどのようにしてタンパク質 A などをコードする遺伝子の発現を上昇させたのか、説明せよ。

問 5 インターフェロンガンマ (以下 IFN- γ と略称する) のようなサイトカインはタンパク質 A やタンパク質 B の発現上昇などを導いて MHC-I の発現上昇をもたらすことが知られている。そこで、DFT 細胞が IFN- γ に反応して MHC-I を細胞膜に発現できるようになるのか、検証することにした。

- (1) 細胞膜の受容体へのリガンドの結合が遺伝子の発現を促す具体的な機構の一例を、以下の語のうちから適切なものを可能な限り多く用いて説明せよ。
アドレナリン受容体 ATP CREB Erk G α Grb2 GTP PKA PLC Ras
- (2) この検証にはタスマニアデビルの IFN- γ タンパク質が必要である。ヒト IFN- γ タンパク質は一部の疾病の治療に用いられているなどして購入も可能であるが、どうしてヒト IFN- γ タンパク質ではこの検証には不十分なのか、説明せよ。

(3) DFT 細胞にタスマニアデビル IFN- γ タンパク質を添加すると、MHC-I が細胞膜に現れた。この時、MHC-I はどのようにして細胞膜に現れたか、以下の短文を並べ替え、解答欄に番号で記せ。なお、正しい並びは複数あり得るが、そのうちの 1 つを記せば良い。

- ① MHC-I を含む小胞が細胞膜と融合する。
- ② MHC-I mRNA にリボソームが結合する。
- ③ MHC-I mRNA が小胞体と近接する。
- ④ MHC-I mRNA が核膜孔を通過する
- ⑤ MHC-I をコードする遺伝子から mRNA が合成される。
- ⑥ MHC-I がゴルジ体へ送られる。
- ⑦ タンパク質 A により細胞質のペプチドが小胞体に取り込まれる。
- ⑧ タンパク質 B が小胞体で合成される。

(4) IFN- γ タンパク質を添加しないと DFT 細胞の細胞膜に MHC-I は現れなかったが、それは前問で答えた機序のどこから先が進まなかったからだと考えられるか、「ここまでは進んだ」ところと「ここからは進まなかった」ところとの間に、以下の例のように前問の解答に仕切り線を入れて示せ。

(例) ①②③④ | ⑤⑥⑦⑧

問6 DFTD の出現から 20 年が経過する頃、奇妙なことが観察され始めた。DFTD の致死率とこれによる生息数の減少速度から絶滅が予測されていた地域の個体群に生き残りの兆候が認められ始めたのである。さらに、ごく一部ではあるが、一度 DFTD を発症しながら、その後腫瘍が縮小し、外見上治癒してしまったように見える個体が現れるようになった。そこで、種の存続の危機に瀕したタスマニアデビルに、この間何が起こったのか、解析が行われた。すると、驚いたことに、互いに遠く離れて個体の行き来のない 3 個所の生息地のタスマニアデビルにおいて、同じ遺伝子領域に変異の蓄積が認められ、しかも、DFTD の襲来から 4～6 世代という短期間に生じていることが明らかになった。

- (1) この遺伝子領域には炎症反応の制御および免疫系細胞間のコミュニケーションに関わることが知られているタンパク質をコードする遺伝子が配置されていた。
 - (i) そのうちの 1 つはセレブロンというタンパク質である。セレブロンはユビキチンリガーゼの一種であるが、その機能と最も関連の深い単語を「問題 3」のすべての文章・語句のなかから抜き出して解答欄に記せ。
 - (ii) セレブロンはサリドマイドと結合し、その作用標的となっていることが知られている。サリドマイドはサリドマイド胎芽症と総称される深刻な薬害を引き起こし、その症状は四肢を有する実験動物にサリドマイドを投与することによって再現できるが、セレブロン遺伝子を欠失させても同様の症状は現れてこない。では、どのようにしてサリドマイド胎芽症は引き起こされたのだろうか、あなたの考えを記せ。
 - (iii) サリドマイドとその誘導体は、現在、多発性骨髄腫に著効を示す治療薬として使用されている。多発性骨髄腫とは形質細胞の悪性腫瘍であるが、形質細胞とは何か、記せ。
- (2) 野生のタスマニアデビルは今後どのように推移していくと考えるか、ここまで記されてきた知見を参考にして、そのように考える根拠とともに記せ。