

2022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	9

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。

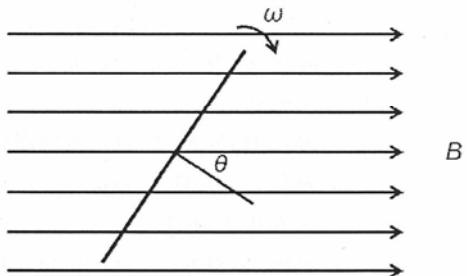
注 意 事 項

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 磁束密度  $B$  の一様な磁場の中に、回転軸が磁場と直角になるように、1巻きが囲む面積が  $S$ 、巻き数が  $N$  の長方形コイルが置かれている。

- (1) コイル面の法線方向と磁場の方向のなす角を  $\theta$  とする。 $\theta=0$  のとき、コイル面を横切る磁束を求めなさい。
- (2)  $\theta=\theta_1$  のとき、コイル面を横切る磁束を求めなさい。
- (3) コイルが角速度  $\omega$  で回転しているとする。時刻  $t=0$  で  $\theta=0$  として、時刻  $t$  においてコイル面を横切る磁束を求めなさい。
- (4) コイルに発生する誘導起電力を求めなさい。
- (5) コイルの抵抗を  $R$  とする。コイルに流れる電流を求めなさい。
- (6) 時刻  $t_1$  と  $t_2$  の間に移動する電気量を求めなさい。
- (7) 角度  $\theta$  が  $\theta_1$  から  $\theta_2$  へ回転するとする。角速度  $\omega$  が大きくなつた時、コイルを移動する電気量の変化について答えなさい。



問2 以下の2式で表される性質を持つ気体：

$$U = \alpha V T^4 \quad ①$$

$$P = \frac{1}{3} \frac{U}{V} \quad ②$$

( $U$ ,  $V$ ,  $T$ , および  $P$  はそれぞれ気体の内部エネルギー, 体積, 温度, および圧力を表し,  $\alpha$  は定数とする) についての以下のカルノーサイクルを考える：

過程 A (状態 1→2) 等温過程: 温度  $T_1$  一定のもとで体積を  $V_1$  から  $V_2$  ( $V_1 < V_2$ ) へ変化させる。

過程 B (状態 2→3) 断熱過程: 断熱下で体積を  $V_3$  ( $V_2 < V_3$ ) へ変化させる。

過程 C (状態 3→4) 等温過程: 温度  $T_2$  一定のもとで体積を  $V_3$  から  $V_4$  ( $V_4 < V_3$ ) へ変化させる。

過程 D (状態 4→1) 断熱過程: 断熱下で体積を  $V_1$  へ変化させる。

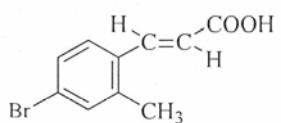
以下の間に答えなさい。

- (1) 気体の圧力と温度との関係式を求めなさい。
- (2) 過程 A, B, C, D について P-V 図で表しなさい。
- (3) 過程 A において気体のされる仕事, 内部エネルギーの変化および気体の受ける熱を求めなさい。
- (4) 過程 B において気体のされる仕事, 内部エネルギーの変化および気体の受ける熱を求めなさい。
- (5) このサイクルで気体がした仕事を求めなさい。ただし, 式①と②から断熱過程において  $T^3 V = \text{一定}$ , が得られるものとする。
- (6) このサイクルの熱効率を  $T_1$  と  $T_2$  とで表しなさい。

**問題2** 以下の間に答えなさい。

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、気体定数 R = 8.31 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>とする。

記入例



**問1** 記入例にならって以下の元素を第一イオン化エネルギーの大きなものから順番に並べなさい。

記入例

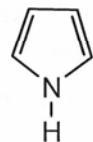
(ア) > (イ) > (ウ) · · ·

(ア) Ne, (イ) F, (ウ) O, (エ) Li, (オ) Be

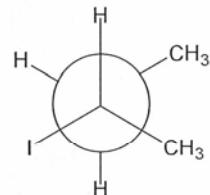
**問2** 以下の間に答えなさい。

(1) フェノールの pK<sub>a</sub>は、エタノールと比べて小さい。その理由を解答欄内に簡潔に説明しなさい。なお、図を用いてもよい。

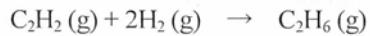
(2) ピロール（右図参照）は、一般的なアミンとは異なり、塩基性ではない。その理由を解答欄内に簡潔に説明しなさい。なお、図を用いてもよい。



**問3** 右の Newman 投影式で示された化合物について、IUPAC 名を英語で示しなさい。ただし、R 配置、S 配置を明示すること。



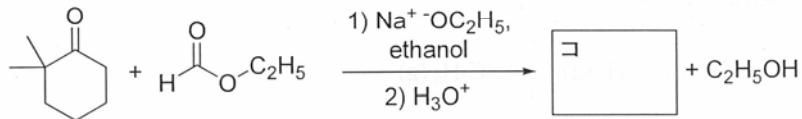
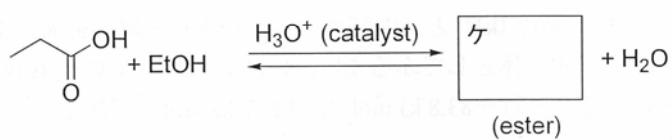
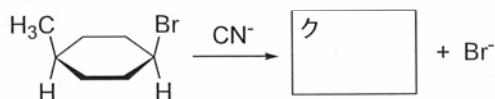
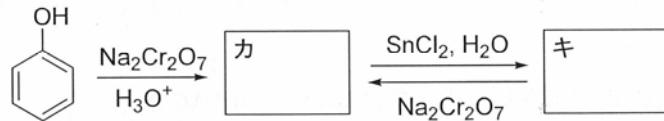
**問4** 以下の反応が標準状態 (298.15 K, 1 気圧) で進行する場合について、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(g) 1 molあたりのエンタルピー変化 (kJ) と、内部エネルギー変化 (kJ) を求めなさい。なお、気体はいずれも理想気体としてふるまい、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g) および C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(g) の標準生成エンタルピーは、それぞれ -83.8 kJ mol<sup>-1</sup>, 226.7 kJ mol<sup>-1</sup> であるとする。また、計算過程も示しなさい。



問5 二糖であるマルトースを含む水溶液を①酵素を用いて完全に加水分解した。この反応について、以下の間に答えなさい。数値を解答する場合は有効数字3桁で答えなさい。

- (1) 下線部①について、適切な酵素の名称を、日本語で答えなさい。
- (2) 下線部①に示した操作の結果得られる単糖の名称を、英語で答えなさい。なお、複数種が得られる場合は、その全てを答えなさい。
- (3) マルトースとベンゼンの混合物を酸素雰囲気下で完全燃焼したところ、3.96 g の CO<sub>2</sub> と、1.26 g の H<sub>2</sub>O が生成した。この際消費される酸素の物質量(mol)を、答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (4) 上記(3)に示した混合物中に含まれるマルトースおよびベンゼンの質量(g)を、答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問6 以下の反応によって主生成物として得られる有機化合物（カ～コ）の構造式を示しなさい。なお、(ク)の構造式は立体構造がわかるように示しなさい。また、鏡像異性体が生成する場合は、それらを区別して示さなくてもよい。



**問題3** 以下の文章（「コミナティ筋注」の特例承認にかかる令和3年1月29日付け報告書の抜粋・一部改変）を読んで間に答えなさい。「コミナティ筋注」とは、あるSARS-CoV-2ワクチンの販売名である。答えはすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

コロナウイルスは、ニドウイルス目コロナウイルス科に属する一本鎖(+)鎖RNAウイルスである<sup>①</sup>。これまでヒトに日常的に感染し、風邪を引き起こすコロナウイルスとして、HCoV-229Eなど4種類が知られていた<sup>②</sup>が、近年になり動物からヒトに感染し重症肺炎を引き起こすコロナウイルスとして、2003年に重症急性呼吸器症候群コロナウイルス(SARS-CoV)、2012年に中東呼吸器症候群コロナウイルス(MERS-CoV)が同定されている。（中略）

本剤は、SARS-CoV-2のスパイクタンパク質をコードするmRNAを有効成分とするワクチンである。コードされた標的タンパク質を持続的かつ効率的に翻訳するためmRNAの塩基配列が最適化<sup>③</sup>され、また、生体内でのRNA分解を抑制し、mRNAの細胞内へのトランスフェクションを可能とするためmRNAを脂質ナノ粒子<sup>④</sup>に封入している。（中略）

本剤の有効性及び安全性に関する検討結果から、用法・用量<sup>⑤</sup>について、本剤有効成分30μgに相当する、生理食塩液1.8mLにて希釈後の0.3mLを1回分として、合計2回、3週間間隔で筋肉内接種と設定することは可能と判断した。（以下略）

問1 下線部①について

- (1) 「(+)鎖」とは何か、説明せよ。
- (2) 以下のポリメラーゼのうち、コロナウイルスのゲノムに書き込まれている必要があるものを1つ選んで、その番号を解答欄に記せ。
  - ① DNA依存性DNAポリメラーゼ
  - ② DNA依存性RNAポリメラーゼ
  - ③ RNA依存性DNAポリメラーゼ
  - ④ RNA依存性RNAポリメラーゼ

問2 下線部②の HCoV-229E は、50 年以上前から、いわゆる「風邪」のウイルスとして人間社会に定着している。先行してまん延しているコロナウイルスの生存戦略を調べるために、以下のような解析がおこなわれた。

- ・ HCoV-229E も SARS-CoV2 と同様、太陽コロナのようにウイルス粒子から突出しているスパイクタンパク質が感染に重要な役割を果たしている。そこで、これまでに報告された HCoV-229E のスパイクタンパク質のアミノ酸配列情報を整理・解析した。その結果、経年的にスパイクタンパク質が変異してきていること、変異はスパイクタンパク質の感染受容体結合部位に多く見られることがわかった。
- ・ 1984 年・1992 年・2001 年・2008 年・2016 年にそれぞれ採取・報告された HCoV-229E スパイクタンパク質の情報に基づいて、それぞれ、培養細胞に感染可能なウイルス様粒子を作製した。
- ・ 1987 年（採取時 24 才）・1995 年（同 20 才）・2020 年（同 14 才）・2020 年（同 40 才）の血清が、それぞれのウイルス様粒子の培養細胞への感染をどの程度阻止できるか調べたところ、図 1 に示すような結果が得られた。

著作権者の許諾が得られていないため本文を省略しています。

- (1) ウイルス感染の細胞・組織・種特異性は宿主の細胞の感染受容体により決定される。感染受容体とは何か、説明せよ。
- (2) この実験での感染阻止効果は、血清内の中和抗体の存在によるものである。中和抗体とは何か、説明せよ。
- (3) この事例に限らず、ウイルスの感染後、ウイルスタンパク質に対する抗体が産生される。ウイルス感染後、血中に抗ウイルス抗体が産生されるまでの機序を、以下の語句を使って説明せよ。

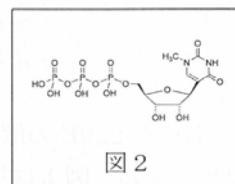
B 細胞 形質細胞 樹状細胞 ヘルパーT 細胞
- (4) 上記の過程の一部はリンパ節で行われる。リンパ節には交感神経が分布しており、T 細胞にはノルアドレナリン受容体が発現している。
  - (i) 交感神経の興奮により、神経末端からリンパ節にノルアドレナリンが放出された。交感神経末端に伝わった興奮がどのようにしてノルアドレナリンの放出を導いたか、「電位依存性カルシウムチャネル」の語を用いて説明せよ。

- (ii) 放出されたノルアドレナリンは T 細胞のノルアドレナリン受容体を介して別の受容体（ケモカイン受容体）のシグナル伝達を促進させ、その結果ホスホリパーゼ C (PLC) を活性化させ、細胞質のカルシウムイオン濃度を上昇させる。活性化された PLC がどのようにして細胞質のカルシウムイオン濃度を上昇させるのか、説明せよ。
- (iii) こうしたシグナル伝達を経て、T 細胞はリンパ節にとどまりやすくなる。同様の事象が B 細胞においても認められている。交感神経によるこれらリンパ球の動きの調節は、生体の免疫応答にとってどのような意義があると考えられるか、記せ。
- (5) B 細胞と形質細胞を比較すると、形質細胞において細胞内小器官の発達が認められる。形質細胞においてもっとも顕著に発達する細胞内小器官の名称を、発達する理由とともに記せ。
- (6) 以下の文章は、HCoV-229E の解析結果からの推論である。その正誤を理由とともに解答欄に記せ。なお、図 1 は特定の個人の解析結果であるが、推論にあたっては、ヒトの代表的反応と見なすこととする。また、個々の解析結果を引用する場合は、それぞれ「24 才のデータ」「20 才のデータ」「14 才のデータ」「40 才のデータ」と呼称しても良い。
- (i) HCoV-229E 感染の獲得免疫記憶は 10 年程度で失われる。
  - (ii) HCoV-229E は変異により宿主の免疫をすり抜けながら生き延びている。
  - (iii) HCoV-229E の変異は、宿主の免疫応答を引き起こす能力を低下させる。
  - (iv) HCoV-229E に対する中和抗体はスパイクタンパク質の感染受容体結合部位を認識している。
- (7) インフルエンザウイルスと麻疹ウイルスは、複製時の変異率が同程度であるにも関わらず、前者は数年で中和抗体が効かない変異ウイルスが出現して蔓延するのに対して、後者ではそのようなことはおこらない。同等の変異率を有するにもかかわらず変異麻疹ウイルスが出現・まん延しないのはなぜか、考えられる理由を解答欄に記せ。

問3 下線部③について、報告書には以下のように記載されている（一部改変）。

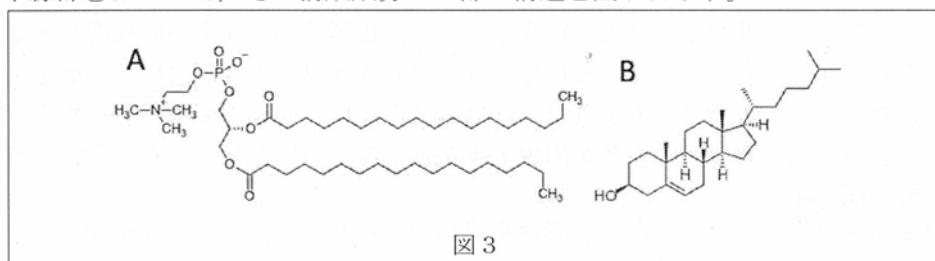
「キャップ構造、翻訳の効率化のための配列、小胞体輸送のためのシグナル配列、RNA の安定化のための配列及びポリ A 鎮を含み、mRNA に対する免疫原性の抑制及び翻訳の促進のため、すべての UTP が  $m^1\Psi$ TP に置換されている。」

- (1) ここで記されたキャップ構造・シグナル配列・ポリ A 鎮の特徴と機能を解答欄に記せ。
- (2) 図2に  $m^1\Psi$ TP (*N*1-methyl-pseudouridine triphosphate) の構造式を示す。UTP との違いを解答欄に文章で説明せよ。



- (3) この文章からは、この mRNA は UTP のままだと免疫原性を有することがわかる。我々の体内で合成される mRNA は UTP を基質としているが、転写による mRNA の产生は、通常、免疫反応を引き起こさない。これに対して「コミナティ筋注」の有効成分である mRNA が UTP のままだと、なぜ、どのような免疫反応を引き起こし得るのか、説明せよ。

問4 下線部④について、その構成成分の一部の構造を図3に示す。



- (1) 図3Aの物質は、リン脂質の1種である。その一般的な名称を記せ。
- (2) 図3Bの物質の名称を記せ。
- (3) 以下は、図3Bの物質に由来するホルモンのひとつが、その受容体に結合した後に見られる現象の一部を記したものである。経時的に正しい順序に並び替えて、その番号を解答欄に記せ。
  - ① RNA ポリメラーゼ II が DNA から離れる。
  - ② 基本転写因子がプロモーターに集まる。
  - ③ 受容体が核膜孔を通過する。
  - ④ 転写産物がスプライシングを受ける。
  - ⑤ 特異的な配列を有する DNA に受容体が結合する。
  - ⑥ ヒストンがアセチル化される。
  - ⑦ 標的遺伝子の転写が開始される。

問5 下線部⑤について

- (1) 1回の接種で体内に送り込まれる mRNA の分子数は、以下のどれに最も近いか、番号で答えよ。なお、この mRNA の塩基数は 4300 弱である。
- ① 10 兆個
  - ② 1000 億個
  - ③ 10 億個
  - ④ 1000 万個
  - ⑤ 10 万個
- (2) 本剤は上腕三角筋に接種される。本邦ではワクチン接種は皮下注射が推奨されている場合が多いが、一般的には、皮下組織よりも筋組織の方が局所の反応が起こりにくく、免疫反応に関わる細胞も多いことが知られている。
- (i) 以下は、個体発生時に四肢の筋肉が形成される過程の一部を記したものである。経時的に正しい順序に並び替えて、その番号を解答欄に記せ。
- ① 筋芽細胞が融合する。
  - ② 筋纖維が形成される。
  - ③ 筋前駆細胞が遊走する。
  - ④ 原始線条が形成される。
  - ⑤ 体節が形成される。
  - ⑥ 皮筋節が形成される。
- (ii) ワクチン接種の際に、上腕三角筋が緊張していると接種がしにくくなるので、リラックスして、これを弛緩させておいてもらう必要がある。収縮していた筋肉はどのようにして弛緩するのか、「トロポミオシン」の語を用いて説明せよ。