

平成30年度医学部医学科入学者選抜

【学士入学（3年次編入学）】

第1次選抜試験問題

自然科学総合問題

注意

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は4枚です。指示があってから確認してください。
- 3 解答はすべて解答用紙の所定のところに記入してください。
- 4 問題紙は持ち帰ってください。

問題 I 以下の設問に答えなさい。

設問 1 以下の文章を読み、文中の  内に当てはまる語句、文、または式を答えなさい。文字の上に矢印が付いている物理量はベクトル量である。

力  $\vec{F}$  が原点  $O$  のまわりで物体を回転させようとする働き  $\vec{N}$  は、力の作用点の位置ベクトルを  $\vec{r}$  とすると式  1 で表され、 2 と呼ばれる。質量  $m$  の物体が速度  $\vec{v}$  で運動しているときに、この物体は運動量  3 を持っているという。位置ベクトル  $\vec{r}$  の位置にある物体に力  $\vec{F}$  が働き運動量  $\vec{p}$  で運動しているとき、運動方程式は  4 となる。また、この運動が原点  $O$  のまわりを回転する場合、角運動量  $\vec{L}$  は式  5 で定義される。式  1、 4、 5 を組み合わせると、角運動量の時間変化を表す式  6 が得られる。物体の質量が  $m$  で  $|\vec{r}|$  が変化しないとき、原点周りの回転角  $\varphi$  を用いると、運動量の絶対値は  7 と表されるので、角運動量の絶対値は  8 となり、角運動量の方向と向きは  9 である。式  6、 8 などより、回転の運動方程式  10 を導くことができる。

設問 2 理想気体について以下の問いに答えなさい。解答に必要な物理定数は定義して使用すること。

- 問 1 温度  $T$ 、体積  $V$ 、 $n$  mol の気体を準静的に体積一定で温度  $T'$  まで加熱した。この時、気体が受けた熱、および気体が受けた仕事を求めなさい。
- 問 2 温度  $T$ 、体積  $V$ 、 $n$  mol の気体を準静的に体積  $V'$  まで等温膨張させた。この時、気体が受けた熱、および気体が受けた仕事を求めなさい。
- 問 3 内容積  $V_I$  の断熱容器 I には温度  $T_A$ 、 $n_A$  mol の気体 A が、内容積  $V_{II}$  の断熱容器 II には温度  $T_B$ 、 $n_B$  mol の気体 B がそれぞれ入っている (図 1)。各容器を接触させ、接触面だけ熱伝導壁に変えた (図 2)。十分な時間経過後の各容器の温度  $T'_A$ 、 $T'_B$  を求めなさい。
- 問 4 問 3 の過程で、接触前後における各容器のエンタルピー変化とエントロピー変化を求めなさい。
- 問 5 問 3 の過程の後、各容器の接触面に穴をあけ、2 種類の気体が行き来できるようにした (図 3)。平衡状態に達した後において、系全体のエンタルピーとエントロピーそれぞれは、容器接触前と比べどれだけ変化したかを求めなさい。
- 問 6 各容器の気体が同じ種類の場合、問 5 の答えはどのように変わるかを、定性的に答えなさい。

図 1

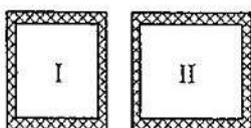


図 2

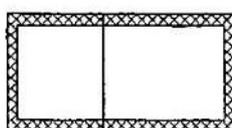
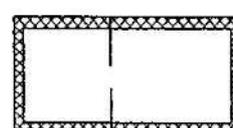


図 3



## 問題Ⅱ 以下の設問に答えなさい。

設問1 原子、分子の電子状態について、問1、問2に答えなさい。

問1 (1)  ${}_7\text{N}$  及び  ${}_8\text{O}$  原子の基底状態での電子配置をそれぞれ  $1s^2 2s^2 \dots$  の形式で示し、それぞれの不対電子の数を答えなさい。

(2) 第2周期の元素の第1イオン化エネルギー (kJ/mol) は、Li 520、Be 899、B 801、C 1086、N 1402、O 1314、F 1681、Ne 2080 と、原子番号が大きくなると一般に高くなるが、Be と B 及び N と O の間では逆転が見られる。なぜ N と O の間で逆転するのか、説明しなさい。

問2 (1) 酸素分子  $\text{O}_2$  は、基底状態において二つの不対電子をもち、常磁性を示す。なぜ二つの不対電子をもつのか、分子軌道法に基づいて説明しなさい。

(2)  $\text{O}_2$  に電子を一つ加えて陰イオン  $\text{O}_2^-$  にすると、O-O間の結合は弱くなる。なぜ弱くなるのか、分子軌道法に基づいて説明しなさい。

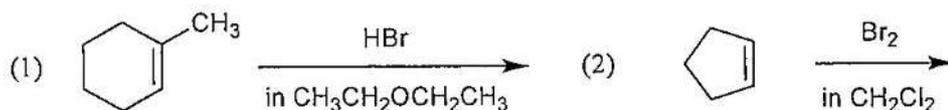
設問2 アルケンについて、問1から問3に答えなさい。

問1 二つの連続した二重結合をもつ 1,2-プロパジエン  $\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$  の中心炭素原子と末端炭素原子が形成する混成軌道の名称をそれぞれ答えなさい。また、それらの混成状態に基づき、1,2-プロパジエン分子の立体構造を、図を示して説明しなさい。

問2 アルケンの代表的な合成法であるハロゲン化アルキルの E2 脱離反応は、トランス (アンチ) 脱離反応として進行し、Saytzeff (Zaitsev) 則に従う。以下に示した (1)、(2) の E2 脱離反応で主に生成するアルケンの構造式をそれぞれ書きなさい。また、これらの反応で、ハロゲン化アルキルの濃度を 1/2、水酸化物イオン ( $\text{OH}^-$ ) の濃度を 1/3 にしたときの、反応速度の変化を答えなさい。



問3 (1)、(2) のアルケンへの付加反応で主に生成する化合物の構造式をそれぞれ書き、なぜその化合物が主に生成するのか、必要であれば中間体の構造式などを示してそれぞれ説明しなさい。なお、(2) で主に生成する化合物については、立体構造が分かるように構造式を書くこと。



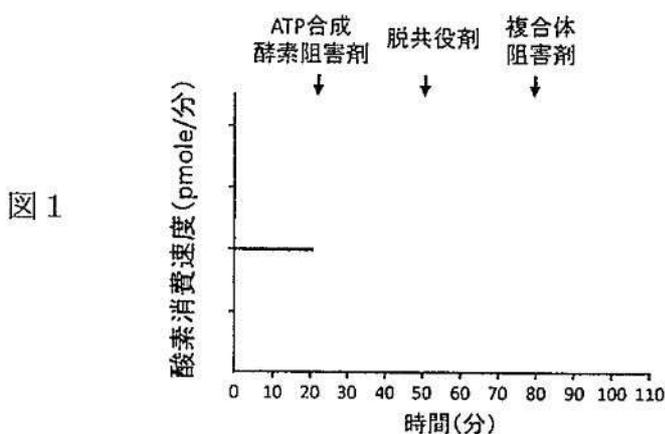
設問3 酒石酸  $\text{HO}_2\text{CCH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}$  には、光学不活性な2種類の結晶 A (mp 206 °C)、B (mp 147 °C) がある。A は同じ融点 (mp 169 °C) をもつ2種類の光学活性な酒石酸に分割することができるが、B はそれ以上分割することができない。B の立体構造を Fischer 投影式で書き、なぜ B が光学不活性であるのが説明しなさい。

問題Ⅲ ミトコンドリアの機能に関する以下の設問に答えなさい。

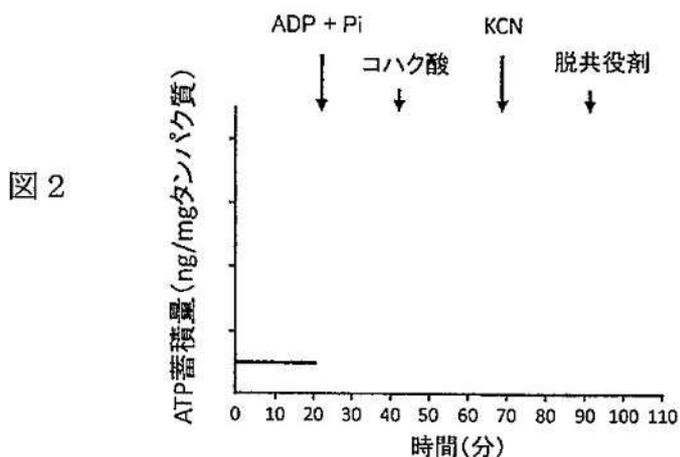
設問1 酸化リン酸化で「酸化」される基質は何か答えなさい。

設問2 化学浸透説を説明しなさい。

設問3 図1は至適な反応液条件下でミトコンドリアの活性を酸素消費速度を指標にして20分間測定した途中経過を示している。この直後にATP合成酵素阻害剤を、50分後に脱共役剤を、80分後にミトコンドリア複合体阻害剤を反応液に添加したとすると、酸素消費速度の変動はどのような推移を示すか、図中に記入しなさい。また、その理由を述べなさい。



設問4 ミトコンドリアを含む至適温度の緩衝液中に図2中の試薬を順次添加するとATP蓄積量はどのような推移を示すか、図中に記入しなさい。また、その理由を述べなさい。



設問5 褐色脂肪細胞が有するミトコンドリア脱共役蛋白質 UCP1 の発現を人為的にノックアウトしたマウスは、(1) 4℃付近の温度に急に移すと野生型マウスより体温の低下が著しい、(2) 20℃付近の飼育温度では肥満しないが、30℃付近の飼育温度では肥満する。それぞれの場合でその理由をUCP1の機能と関連づけて考察しなさい。ただし、20℃はマウスにとっては冷涼な環境であることを考慮すること。

問題 IV 以下の設問に答えなさい。

設問 1 抗体には 5 種類のタイプ (IgM, IgG, IgA, IgE, IgD) がある。これらの中で、以下の説明に該当するものを ( ) 内に 1 つ記入しなさい。

アレルギー反応に係る。(①)

自己免疫疾患にかかわる。(②) (③)

粘膜における免疫を担う。(④)

胎児の抗体の大部分を占める。(⑤)

設問 2 免疫反応が自己の細胞や組織に向かうと自己免疫疾患を発症する。しかし、自己に対する抗体が存在するだけでは通常は自己免疫疾患を発症しない。その理由を以下の視点から説明しなさい。

問 1 自己抗体を産生する B 細胞とヘルパー T 細胞との関係

問 2 免疫抑制性細胞

設問 3 健康なヒトの体内には自己抗体も補体も存在しているが、補体依存性の細胞傷害で自己細胞が破壊されることはない。その理由について説明しなさい。

設問 4 自己免疫疾患には遺伝的な要因があると考えられている。どのような方法で遺伝的な要因を検討すればいいか複数の例を挙げて説明しなさい。