

平成21年度医学部医学科入学者選抜

学士入学（3年次編入学）

第2次選抜試験問題

自然科学総合問題

注 意

- 1 問題用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 問題紙は持って帰ってください。

問題 I 以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

接地してある十分広い平らな導体板 A の一方の表面上に x 軸 y 軸を、さらに表面から空間に向かって z 軸をとる。 z 軸上の点 $(0, 0, a)$ に電荷 $+q$ の点電荷 Q があるとき (図 1)、導体板の表面に誘導される電荷密度を以下の方法で求める。

接地してある導体板表面の電位はどこでもゼロであることから、導体板と点電荷の間の空間における電位は、導体板がなく、点電荷 Q と点 $(0, 0, -a)$ に電荷 $-q$ を持つ点電荷 (鏡像電荷) があつた場合に形成される電位と等しい。導体板がなく、点電荷 Q と鏡像電荷があるとき、 $z \geq 0$ の領域における任意の点の電位 ϕ は各電荷量を使って $\phi(x, y, z) = [1]$ で与えられる。従つてこの領域における電場の z 成分は $E_z(x, y, z) = [2]$ である。 x 成分 E_x と y 成分 E_y も同様にして求められる。よつて $z = 0$ においては $E_x(x, y, 0) = E_y(x, y, 0) = [3]$ 、 $E_z(x, y, 0) = [4]$ となる。表面領域において $[5]$ の法則を適用すると、表面上の点 $(x, y, 0)$ における表面電荷密度は $\sigma(x, y) = [6]$ となる。これを表面の全平面にわたつて積分したものが全表面電荷量で、 $[7]$ になる。

設問 1 文中のカッコ内に当てはまる語句、数値、記号、または式を答えなさい。ただし、空気の誘電率は真空の誘電率 ϵ_0 と同じとする。

設問 2 この導体板の接地線を切断した後、点電荷 Q を無限遠まで遠ざける。続いて新たな導体板 B を、導体板 A に対向する表面が $z = d$ の位置で導体板 A と平行になるように配置し、接地する (図 2)。

問 1 このとき導体板 A と導体板 B に蓄えられているそれぞれの電荷量 Q_A および Q_B を記しなさい。

問 2 ここで形成される導体板コンデンサーの電気容量が C のとき、導体板 AB 間の電圧 V_{AB} を C を用いて表しなさい。

問 3 次に導体板 B の接地線を切断した後、系全体を水に浸す。水の比誘電率を ϵ としたときの導体板 AB 間の電圧 $|V'_{AB}|$ と、導体板間の電場 $|\vec{E}'_{AB}|$ を求めなさい。ただし、水は全く解離してないものとする。

設問 3 水中に置かれた導体板 AB 間の中央に電荷 δq を持つ半径 r の球体を置く (図 3)。ここで $r \ll d$ 、 $|\delta q| \ll |Q_A|$ である。この球体は電場 \vec{E}'_{AB} から力 \vec{F}_E を受ける。一方、粘度 η を持つ流体中で速度 \vec{v} で運動している半径 r の球体は $\vec{F}_V = -6\pi\eta r \vec{v}$ の粘性抵抗を受けるため、この球体はすぐに一定速度 \vec{V}_E で移動するようになる。式中の π は円周率である。

問 1 電場 \vec{E}'_{AB} を使って \vec{F}_E を表しなさい。

問 2 水の粘度を η として \vec{V}_E を求めなさい。計算式も書くこと。

問 3 この移動現象の名称と、どのような測定にこの現象が利用されているかをそれぞれ記しなさい。

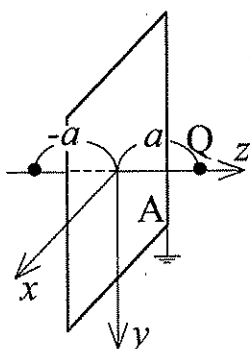


図 1

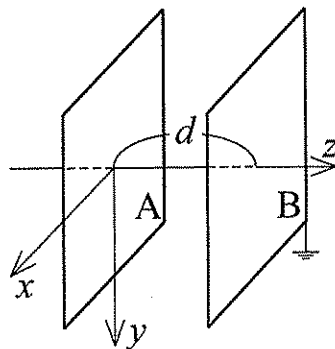


図 2

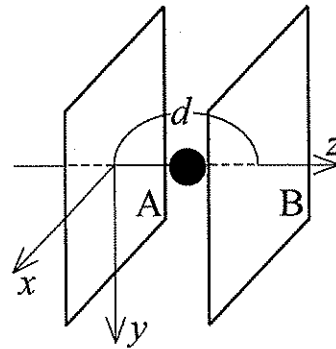


図 3

問題 II 各設問の文章を読み、問いに答えなさい。

設問 1 カルボニル炭素に隣接する炭素 (α 炭素) 上に水素原子をもつケトンやアルデヒドはその互変異性体であるエノールと平衡で存在する。ほとんどのケトンの場合、エノール互変異性体はケト互変異性体よりはるかに不安定で、たとえば、水溶液中ではアセトンは99.9%以上がケト互変異性体として存在する。ケト互変異性体とエノール互変異性体間の相互変換は酸や塩基で促進される。塩基性溶液中では塩基がケト互変異性体の α 炭素からプロトンを引き抜き、エノラートイオンが生じるが、このイオンの酸素にプロトン化が起こると、エノール互変異性体を生じる。

一方、生じたエノラートイオンの炭素が求核剤となって、もう一分子のケトンと反応すると、 β -ヒドロキシケトンが生成する。このような反応をアルドール反応といい、工業的にも自然界においても炭素-炭素結合を構築する重要な反応として知られている。

下に構造式を示した $2,4$ -ペンタンジオンでは分子内水素結合や、第二のカルボニル基と炭素-炭素二重結合との共役によってエノール互変異性体は安定化されるので、その割合がアセトンの場合に比べずっと多くなる。

フェノールのようにほとんどがエノール互変異性体として存在するものもある。

問1 下線1)に関連し、アセトン2分子からアルドール反応により生成する β -ヒドロキシケトンを構造式で示しなさい。

問2 下線2)に関連し、 $2,4$ -ペンタンジオンのエノール互変異性体を分子内水素結合が生成する様子がわかるように構造式で描きなさい。構造式中に水素結合を点線で示しなさい。

問3 $2,4$ -ペンタンジオンのエノール互変異性体の割合はヘキサン中では水溶液中よりさらに増える。その理由を説明しなさい。

問4 フェノールがほとんどエノール互変異性体として存在する理由を説明しなさい。

設問 2 D-マンノースの鎖状構造をFischer式で下に示した。D-マンノースを塩基性溶液中で加熱するとD-マンノース、糖A、糖Bの混合物になる。D-マンノースと糖Aとは互いにジアステレオマーの関係にある。糖BはD-マンノースの構造異性体である。

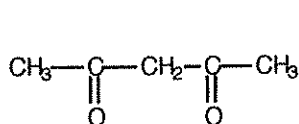
問1 糖A、糖Bを名称で答えなさい。また、それぞれの鎖状構造をFischer式で描きなさい。

問2 D-マンノースから糖A、糖Bへの異性化の機構を互変異性により説明しなさい。

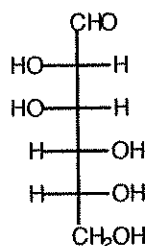
設問 3 下に示したように、合成甘味料であるアスパルテームは二つのL-アミノ酸からなるジペプチドのメチルエステルである。ペプチド結合は共鳴により約40%の二重結合性をもっている。立体障害によりトランスの立体配置がシス配置よりも安定となり、隣接したアミノ酸残基の α 炭素どうしは互いにトランス配置をとる。

問1 このジペプチドを構成する二つのL-アミノ酸について、(i) N-末端のアミノ酸の名称を答え、その構造をFischer式で描きなさい。(ii) C-末端のアミノ酸の名称を答えなさい。また、その構造を不斉炭素周りの立体配置が分かるようにくさび形の実線(\blacktriangleleft)とくさび形の破線($\cdots\blacktriangleright$)を使って、描きなさい。

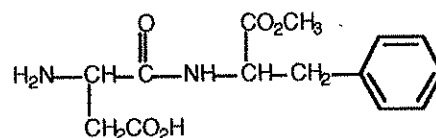
問2 下線部に関連し、アスパルテームにおいてペプチド結合の二重結合形成に寄与する共鳴寄与体の構造式を描きなさい。二重結合周りの立体配置がトランスであることがわかるように描くこと。



2,4-ペンタンジオン



D-マンノース



アスパルテーム

問題 III 以下の設問に答えなさい。

設問 1 われわれの遺伝子は父親から半分、母親から半分受け継いでいる。同じ父親・母親から生まれる兄弟は、一卵性双生児でないかぎり遺伝的に同一になることはない。その理由を説明しなさい。

設問 2 ある劣性の遺伝子が引き起こす病気があり、患者が男女とも 10,000 人に 1 人の割合でいるとすると、この変異を持っているが発病しない人（保因者 carrier）の頻度を、根拠を明示して求めなさい。

設問 3 スイトピーの交配実験で、紫色の花で長い花粉をもつ株と赤色の花で丸い花粉をもつ株を交配した。雑種第一代（F1）ではすべて長い花粉をもつ紫色の花が咲いた。この F1 どうしを交配したら、紫色の花・長い花粉 296 株、紫色の花・丸い花粉 19 株、赤色の花・長い花粉 29 株、赤色の花・丸い花粉 85 株が得られた。この結果を遺伝学的に説明しなさい。

設問 4 DNA を鋳型として RNA を合成するのが一般的であるが、逆に RNA を鋳型にして DNA を合成する現象も知られている。具体的な例を知っているだけあげて、この現象を説明しなさい。

問題 IV 以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

主要組織適合抗原遺伝子複合体 major histocompatibility complex (MHC) は、移植拒絶を起こす免疫反応を支配する遺伝子として発見され、ヒトでは白血球抗原 human leukocyte antigen (HLA) complex と呼ばれている。MHC 分子の特徴は、同様の機能を有する遺伝子が多数存在する多重遺伝子であるとともに、それぞれの遺伝子について対立遺伝子の型が非常に多く存在することである。MHC が完全に一致していても免疫反応が起こる場合がある。個体間の DNA 塩基配列の違いによりアミノ酸置換が生じ、そのアミノ酸を含むペプチドが抗原性を持つようになる場合や、特定の組織だけに発現する抗原や雄性だけに発現する雄性抗原などがその例であり、その抗原は、マイナー抗原と呼ばれている。

設問 1 ヒト HLA をコードする遺伝子はすべて第 6 染色体上に位置している。兄弟間で HLA が完全に一致する確率はいくらか。理由も答えなさい。

設問 2 胎児は、父親由来の HLA も発現しているのに、母親にとっては免疫反応の対象となる可能性があるが、通常は胎児が母親から免疫学的に拒絶されることはない。胎児が母親から拒絶されない理由としてどのようなことが考えられるか。

設問 3 移植拒絶の免疫反応を防ぐことができる免疫抑制剤が開発され、臓器移植を受けた患者に広く使用されている。移植後の免疫抑制剤使用に伴う問題点としてどのようなことが考えられるか。

設問 4 白血病患者 A さんは、抗がん剤の大量投与を受けた後に、一卵性双生児である B さんから骨髄移植を受けた。その後、A さんに B さんの骨髄は生着したが白血病が再発した。一方、白血病患者 C さんは、抗がん剤の大量投与を受けた後に、HLA は一致するがマイナー抗原が異なる D さんから骨髄移植を受けた。その後、C さんは移植片対宿主反応に苦しんだが、白血病は再発しなかった。この結果の違いはどのような機序で生じたと考えられるか。