

'13

受験
番号

前期日程

理 科 問 題

(医学部医学科)

注 意 事 項

問題〔1〕～〔5〕は全て解答してください。問題〔6〕,〔7〕は、どちらか一題を選択して解答してください。問題〔6〕,〔7〕では、選択した問題の答案用紙左下の選択欄に、○を記入してください。ただし、問題〔6〕,〔7〕の両方の選択欄に○を記入した場合は、どちらの答案も0点となるので、十分注意してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は20ページです。問題、答案用紙に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等がある場合には申し出てください。
3. 解答は指定の答案用紙に記入してください。
4. 下書きには下書用紙と問題冊子の余白を利用してください。
5. 答案用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

◇M25(707—170)

問題を解くに当たって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量	H = 1.0	Li = 6.9	C = 12.0	N = 14.0
	O = 16.0	F = 19.0	P = 31.0	K = 39.1
	Br = 79.9	I = 126.9		

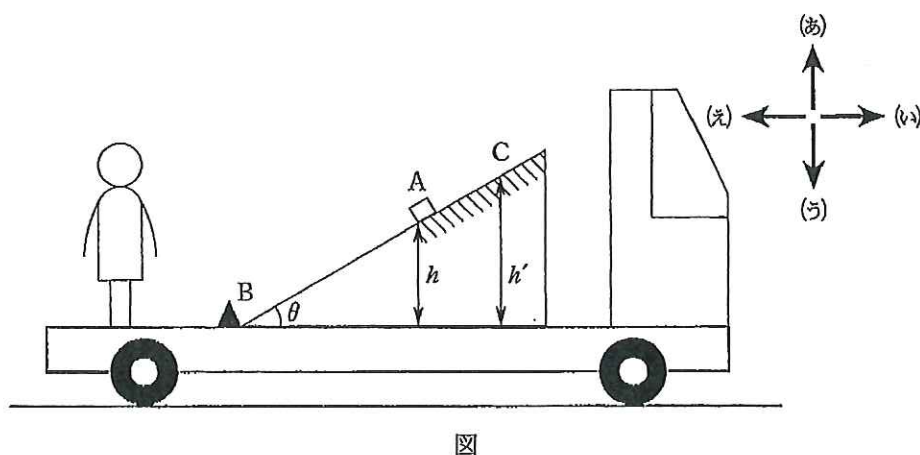
理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C, 1.01×10^5 Pa)

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

- 1 図のように、トラックの荷台に固定された斜面上を運動する小物体を考える。
 トラックが走る路面、トラックの荷台はともに水平であり、荷台上の斜面が水平面となす角を θ とする。小物体の質量を m 、重力加速度の大きさを g とし、また、小物体の運動はトラックの荷台に乗っている観測者が観測するものとする。
 以下の文章を読んで、(1)～(4)の問に答えよ。



最初、トラックは静止しており、小物体は斜面上の点 A に静止している。点 A より上(点 A を含む)の斜面はあらい面であり、点 A に置かれた小物体と斜面との間には静止摩擦力が働く。小物体と斜面の間の静止摩擦係数を μ とする。

- (1) 小物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。
 (2) 小物体に働く重力の、斜面に平行な成分の大きさを求めよ。
 (3) 小物体が静止しているためには、静止摩擦係数 μ は、 $\mu \geq$ (ア) を満たさなければならない。(ア) に入る適切な数式を答えよ。

((図の矢印 (い) の向き))

トラックが、路面に対して大きさ a の一定の加速度で水平右向きに加速した。このとき、小物体が斜面から離れることなく、斜面上を点 A からすべりおりはじめるための条件を考える。

- (4) 観測者から見た、小物体に働く慣性力の大きさを答えよ。また、慣性力の向きを示す矢印を、図の(あ)～(え)から選び、記号で答えよ。
- (5) 小物体に働く垂直抗力の大きさを求めよ。
- (6) 小物体が斜面から離れないためには、加速度の大きさ a は、 $a \leq$ (イ) を満たさなければならない。(イ) に入る適切な数式を、 m, g, θ, μ のうち必要なものを用いて表せ。
- (7) 小物体に働く慣性力と重力の合力の、斜面に平行な成分の大きさを求めよ。
- (8) 小物体が点 A からすべりおりはじめるためには、加速度の大きさ a は、 $a >$ (ウ) を満たさなければならない。(ウ) に入る適切な数式を、 m, g, θ, μ のうち必要なものを用いて表せ。

トラックは大きさ a の加速度で等加速度運動を続け、小物体は斜面上を点 A から斜面下端の点 B へ向けすべりおりた。点 A 直下から点 B の間の斜面はなめらかで、小物体がすべり出してから点 B に到達するまでの間の、小物体と斜面の間の摩擦力は無視できるとする。点 B から見た点 A の高さを h とする。

- (9) 観測者から見た、点 B に到達する直前の小物体の速さを求めよ。

小物体が点 B に到達する直前に、トラックは加速をやめ、以降、一定の速度で走行した。小物体は点 B に取り付けられたストッパーと衝突し、斜面と平行な方向にはねかえった。小物体とストッパーの反発係数(はねかえり係数)を e とする。

- (10) 観測者から見た、ストッパーと衝突した直後の小物体の速さを求めよ。

小物体はストッパーとの衝突後、斜面上をすべりながら上昇し、点 A を通過したのち、斜面上の点 C まで到達し、静止した。点 A より上での小物体と斜面の間の動摩擦係数を μ' 、点 B から見た点 C の高さを h' とする。

- (1) 小物体が点 A を通過するには、反発係数 e は、 $e > \boxed{\text{エ}}$ を満たさなければならない。 $\boxed{\text{エ}}$ に入る適切な数式を、 g, a, θ を用いて表せ。

- (2) 観測者から見た、点 A を通過する瞬間の小物体の速さは、

$$\sqrt{2h \left(\boxed{\text{オ}} + \frac{\boxed{\text{カ}}}{\tan \theta} \right)}$$

と表される。 $\boxed{\text{オ}}$ 、 $\boxed{\text{カ}}$ に入る適切な数式を、 g, a, e のうち必要なものを用いて、それぞれ表せ。

- (3) 小物体が点 A から点 C に到達するまでの間に、動摩擦力が小物体に対してする仕事の大きさを、 $m, g, \mu', \theta, h, h'$ を用いて表せ。

- (4) 点 A から見た点 C の高さ $h' - h$ は、

$$h' - h = \boxed{\text{キ}} h$$

と表される。 $\boxed{\text{キ}}$ に入る適切な数式を、 e, a, μ', g, θ を用いて表せ。

2 以下の【A】，【B】について設問に解答せよ。

【A】 真空中で電源，電気抵抗，平行平板コンデンサー，スイッチ S_1 を導線でつなぎ，図 1 のような回路を組む。電源の電圧を V_0 [V]，抵抗の大きさを R [Ω]，コンデンサーの電気容量を C [F] とする。コンデンサーの極板の面積は十分に広く，極板の間隔は十分狭いとし，真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。スイッチ S_1 を閉じてコンデンサーの充電を完了させた。

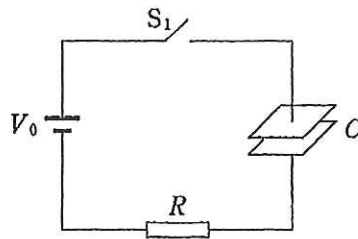


図 1

- (1) コンデンサーに蓄えられている電気量を求めよ。
- (2) コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを求めよ。

コンデンサーの極板の面積は S [m^2]，間隔は d [m] であった。

- (3) コンデンサーの電気容量の大きさ C を求めよ。
- (4) 極板間にできる電場(電界)の大きさを求めよ。

以後の問題では，(2)で求めた静電エネルギーの大きさを U_0 [J]，(4)で求めた電場の大きさを E_0 [V/m] とする。

スイッチ S_1 を閉じたまま、コンデンサーの極板間隔を d' [m] に縮め、時間が十分経過した。

(5) このときコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは U_0 の何倍になるか答えよ。

(6) このとき極板間の電場の大きさは E_0 の何倍になるか答えよ。

スイッチ S_1 を閉じたまま、コンデンサーの極板間隔を d に戻し時間が十分経過した。スイッチ S_1 を開いた後、コンデンサーの極板間隔を再び d' に縮めた。

(7) このときコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーは U_0 の何倍になるか答えよ。

(8) このとき極板間の電場の大きさは E_0 の何倍になるか答えよ。

【B】 図2のように、抵抗の大きさ $R[\Omega]$ の電気抵抗、半径 $r[\text{m}]$ の円形リング導線、直角に曲がった導体棒 POQ を導線で接続して回路を組む。リング導線は水平面に置き、導体棒 POQ は、O の位置をリングの中心と一致させ、PO を鉛直に立てて置く。OQ 部分の長さは r に等しい。端 P に接触させた導線と、リングの1点につないだ導線を、電気抵抗に接続する。リングの内部だけに磁束密度の大きさ $B[\text{T}]$ の一様な磁場を鉛直上向きに印加する。外力により、導体棒 POQ を PO を回転軸として、一定の角速度 $\omega[\text{rad/s}]$ で回転させる。回転の際 O は常にリング中心にあり、PO は常に鉛直方向を向いており、回転の向きは鉛直上方から見て反時計回りとする。導体棒の端 Q は円形リングに接しながら回転する。電子の電気量は $-e[\text{C}]$ とする。

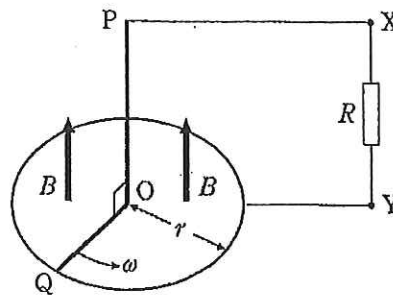


図 2

- (9) OQ 上で O から距離 $x[\text{m}]$ の位置に電子を置くと、電子は OQ に沿った方向に磁場から力を受ける。この力の向きは O から Q、Q から O のどちら向きであるか答えよ。さらにこの力の大きさを求めよ。
- (10) 横軸を x 、縦軸を(9)で求めた力の大きさとして描いたグラフを考え、電子が O と Q の間を移動する際、この力が電子にする仕事の総量を求めよ。
- (11) OQ 間に生じる誘導起電力の大きさを求めよ。

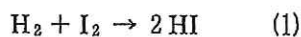
以後の問題では(1)で求めた誘導起電力の大きさを V_0 [V] とする。

- (2) 導体棒の回転の周期を, B , V_0 , r を用いて答えよ。
- (3) 抵抗を流れる電流の向きは, 図の X から Y と, Y から X のどちら向きであるか答えよ。
- (4) OQ 部分が一周する間に抵抗で発生するジュール熱を, B , R , V_0 , r を用いて答えよ。

3

次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。ただし、H—H、I—I および H—I 結合の結合エネルギーは、それぞれ 436 kJ/mol, 151 kJ/mol および 299 kJ/mol とする。

水素 H_2 とヨウ素 I_2 の気体を密閉容器に入れて加熱すると、(1)式の反応が起こり、気体のヨウ化水素 HI が生成する。



(1)式にしたがって 1 mol の H_2 と 1 mol の I_2 が反応するときの活性化エネルギーは 174 kJ である。一方、1 mol の H_2 分子と 1 mol の I_2 分子をそれぞれ水素原子とヨウ素原子に解離させるためには、合計 ア kJ のエネルギーが必要である。このことから、(1)式の反応は、 H_2 と I_2 が解離して生成した水素原子とヨウ素原子が結合するのではなく、 H_2 分子と I_2 分子が衝突してできた、H—H 結合と I—I 結合が切れかかり、H—I 結合ができたような状態を経て進むと考えられる。このような状態を イ と呼ぶ。

反応が起こるかどうかは、分子の持つ運動エネルギーに依存する。一般に、ある温度 T_1 , T_2 (ただし $T_1 < T_2$) における気体分子の運動エネルギーは図1に示すような分布を持ち、温度 T_1 よりも温度 T_2 のときのほうが反応速度が大きく、反応が速く進む。なお、図1は、気体分子の運動エネルギーを横軸に、分子の数を縦軸に示したものであり、 E_a は反応の活性化エネルギーを示す。

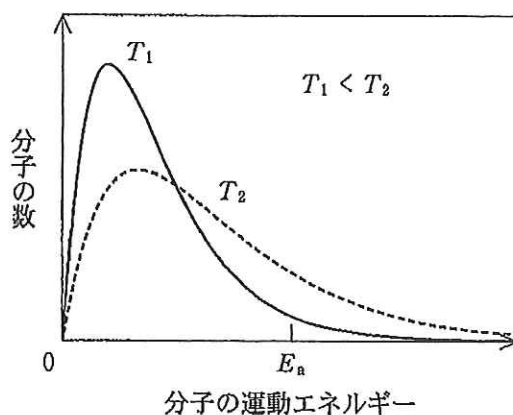


図1 気体分子の運動エネルギー分布と温度の関係

問 1 (1)式の反応の熱化学方程式を記せ。

問 2 空欄

ア

 にあてはまる数値を記せ。

問 3 空欄

イ

 にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 4 下線部 a の理由を E_a と関連づけて 50 字以内で記せ。

問 5 下線部 a において、温度を T_2 に上げるかわりに触媒を用いても反応速度が大きくなった。このときの触媒のはたらきについて正しく記述されているものを以下の①～⑧の中から一つ選び、その番号を記せ。

- ① 反応物の運動エネルギーを大きくする。
- ② 反応物の運動エネルギーを小さくする。
- ③ 活性化エネルギーを大きくする。
- ④ 活性化エネルギーを小さくする。
- ⑤ 生成物の結合エネルギーを大きくする。
- ⑥ 生成物の結合エネルギーを小さくする。
- ⑦ 反応熱を大きくする。
- ⑧ 反応熱を小さくする。

問 6 (1)式の反応の反応速度 v は、水素の濃度を 2 倍にすると 2 倍に、ヨウ素の濃度を 2 倍にすると 2 倍になる。反応速度 v を水素の濃度 $[\text{H}_2]$ 、ヨウ素の濃度 $[\text{I}_2]$ および反応速度定数 k を用いた反応速度式で記せ。

4

次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

^aイオン化エネルギーが小さい金属元素は陽イオンになりやすく、^b電子親和力が大きい非金属元素は陰イオンになりやすい。陽イオンと陰イオンの間には ア が働くため、イオンは凝集して結晶を形成する。このような結晶をイオン結晶という。例えば、塩化ナトリウムは典型的なイオン結晶である。

非金属元素の単体の多くは分子として存在する。例えば、硫黄は環状のS₈分子を形成する。S₈分子の間には イ という分子間力が働くため、S₈分子は凝集して分子結晶を形成する。また、炭素の結晶であるダイヤモンドは、結晶内のすべての炭素原子が共有結合でつながっており、結晶を1個の巨大な分子とみなすことができる。ダイヤモンドのような結晶を共有結合の結晶という。

金属元素の単体のほとんどは常温・常圧で固体である。金属では、自由電子により結合が生じ、金属原子が凝集した金属結晶を形成する。例えば、金、銀、銅の単体は典型的な金属結晶である。

問1 下線部aのイオン化エネルギー、下線部bの電子親和力の意味を、それぞれ30字以内で記せ。

問2 空欄 ア , イ に当てはまる引力の名称を記せ。

問3 塩化ナトリウム、ダイヤモンド、銀、それぞれの結晶に当てはまる性質を以下の①～④からすべて選び、その番号を記せ。

- ① 水によく溶ける。
- ② 電気をよく通す。
- ③ 展性・延性に富む。
- ④ 無色透明である。

問4 ダイヤモンドの密度は3.5 g/cm³、単位格子の体積は4.6 × 10⁻²³ cm³である。これらの値を使って、ダイヤモンドの単位格子内に含まれる炭素原子の数を計算し、整数で答えよ。また、計算過程も示せ。

5

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

ベンゼンおよびその誘導体は、分子内にベンゼン環と呼ばれる独特の構造を持ち、芳香族化合物と呼ばれる。一般的に、ベンゼンは、付加反応を受けにくく、置換反応を受けやすい。ベンゼンに と の混合物(混酸)を加えて約60℃で反応させると、ニトロベンゼンが得られる。一方、ベンゼンを とともに加熱すると、 が生じる。 は水に溶けて、強い酸性を示す。

アニリンおよびその誘導体は、染料、医薬品や高分子材料などを製造する際の工業用原料として広く利用されている。ニトロベンゼンを用いて、アニリンを次の方法によって合成した。試験管にニトロベンゼンとスズSnを取り、よく振り混ぜながら濃塩酸を少しずつ加えた後、70℃の温浴で熱したところ、ニトロベンゼンの油滴が無くなった。この溶液を三角フラスコに移し、弱塩基性になるまで水酸化ナトリウム水溶液を加えると、油状のアニリンが遊離した。アニリンは、弱塩基性の化合物である。

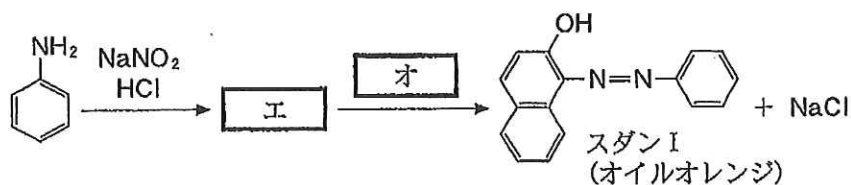
問1 空欄 , に当てはまる最も適切な試薬名を記せ。また、空欄 に当てはまる化合物名を記せ。

問2 下線aの反応におけるスズの役割を10字以内で述べよ。

問 3 アニリンに関する記述として誤っているものを、次の①～⑤のうちから 2 つ選び、それらの番号を記せ。

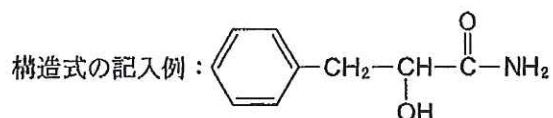
- ① 純粋なものは無色であるが、空气中に放置しておくと徐々に褐色になる。
- ② さらし粉水溶液を加えると赤紫色を呈する。
- ③ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると青紫色～赤紫色を呈する。
- ④ 塩基性水溶液中でヨウ素と反応し、ヨードホルムの黄色沈殿が生成する。
- ⑤ 硫酸酸性にしたニクロム酸カリウム水溶液によって酸化すると、水に不溶の黒色物質に変化する。

問 4 下図は、アニリンを出発物質として赤橙色染料スダン I (オイルオレンジ) を合成する経路を示したものである。空欄 エ , オ に該当する化合物の構造式を記せ。



問 5 アニリンを水に溶かすと一部が電離し、水酸化物イオンを生成する。
 $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ アニリン水溶液の電離度 α と水酸化物イオンの濃度 $[\text{OH}^-]$ を、有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示すこと。ただし、アニリンの電離定数 K_b は $5.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とし、電離度 α は 1 よりも十分に小さいものとする。

- (2) 次の文章を読んで、問 1 および問 2 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は以下の例にならって記せ。



分子式が C_7H_8O で表される三つの芳香族化合物 A～C がある。これらの化合物の構造を調べるために実験を行い、以下の 1)～5) に示す結果を得た。

- 1) 化合物 A と B は無水酢酸と反応して、それぞれ化合物 D と E を生成したが、化合物 C は反応しなかった。
- 2) 化合物 A と C は中性であるが、化合物 B は弱酸性を示した。
- 3) 化合物 A と B にナトリウムを作用させると、気体 F を発生しながら反応して、それぞれ化合物 G と H を生成した。
- 4) 化合物 A を酸化すると、中性の化合物 I が生成した。これをさらに酸化すると、弱酸性の化合物 J が生成した。
- 5) 化合物 B を酸化すると、サリチル酸が生成した。

問 1 化合物 A～E, G～J の構造式を記せ。

問 2 気体 F の物質名を記せ。

6

(1) 繊維に関する以下の問 1 ～ 問 4 の答を解答欄に記入せよ。

問 1 衣料として用いられる繊維には天然繊維と化学繊維がある。天然繊維は更に 2 種類、化学繊維(有機系)は 3 種類に分類される。下表の空欄 あ ～ お に当てはまる最も適切な語句を記せ。

分 類		例
天然繊維	あ 繊維	木綿, 麻
	い 繊維	羊毛, 絹
化学繊維	う 繊維	レーヨン
	え 繊維	アセテート
	お 繊維	ナイロン 66 (6, 6-ナイロン), アクリル繊維

問 2 あ 繊維と い 繊維の主成分を記せ。

問 3 アクリル繊維はポリアクリロニトリルから作られた繊維である。ポリアクリロニトリルは、アクリロニトリルから、どのような重合法で得られるか記せ。

問 4 アジピン酸($C_6H_{10}O_4$)とヘキサメチレンジアミン($C_6H_{16}N_2$)を加熱するとナイロン 66 が得られる。1 分子のナイロン 66 が生成する際に平均 6000 個の水分子が生成したとして、得られたナイロン 66 の平均分子量を有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も記せ。

(2) セッケンに関する以下の問 1 ～問 3 の答を解答欄に記入せよ。

問 1 繊維などの洗浄に用いるセッケンは、油脂を水酸化ナトリウム水溶液を用いて加水分解することにより得られる。このとき加水分解される結合の名称を記せ。

問 2 セッケンは高級脂肪酸のナトリウム塩である。セッケンを水に溶解すると酸性、中性、アルカリ性のいずれを示すか記せ。また、その理由を 60 字以内で記せ。

問 3 セッケンによる衣類の油汚れの洗浄のしくみを 60 字以内で記せ。

7

(1) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

デンプンは α -グルコースが したものであり、熱水に溶けやすい と熱水に溶けにくい に大別することができる。デンプンは唾液や膵液に含まれる酵素アミラーゼによって二糖類である に分解され、ついで小腸に存在する酵素 により加水分解されてグルコースとなり、動物のエネルギー源となる。

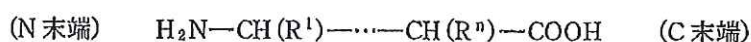
消化されたのち血液中に吸収されたグルコースは、細胞内に運ばれて酸化され、この時にエネルギーが発生する。この反応が呼吸である。呼吸により放出されたエネルギーを用いて体内のエネルギー貯蔵物質であるアデノシン三リン酸(ATP)が合成される。1 mol の ATP が加水分解されてアデノシン二リン酸(ADP)に変わるときにエネルギーが 31 kJ 放出され、このエネルギーが生命活動に利用される。a 呼吸のうち、有機化合物の分解に酸素を用いるものを といい、1 mol のグルコースから水と二酸化炭素を生じる反応では 38 mol の ATP が合成される。一方、酸素を用いない呼吸を とい
い、 の一種であるアルコール発酵では、b グルコースからエタノールと二酸化炭素を生じる。この反応では 1 mol のグルコースから 2 mol の ATP が合成される。

問 1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について、酸素を用いた呼吸により合成されたすべての ATP が ADP に変換されたときに放出されるエネルギーは、グルコースの完全燃焼で得られるエネルギーの何%に相当するか、有効数字 2 桁で記せ。ただし、グルコースの燃焼熱は 2810 kJ/mol とする。

問 3 下線部 b について、化学反応式を記せ。

- (2) 9 個の α -アミノ酸からなるペプチド X の一次構造を決定する実験を行ったところ、次の 1) ~ 6) に示す結果を得た。問 1 ~ 問 3 の答を解答欄に記入せよ。なお、n 個の α -アミノ酸からなるポリペプチドの一般式を下図で表す時、末端にアミノ基がある方を N 末端と呼び、カルボキシル基がある方を C 末端と呼ぶ ($R^1 \sim R^n$ は各アミノ酸固有の置換基)。



- 1) ペプチド X を加水分解すると表 1 に示す 7 種類の α -アミノ酸が得られた。なお、表中の R は α -アミノ酸の一般式を $R-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ としたときの各アミノ酸固有の置換基である。
- 2) ペプチド X の N 末端アミノ酸はアラニンであり、N 末端側から 2 番目と C 末端側から 2 番目のアミノ酸はシステインであった。
- 3) ペプチド X を、塩基性アミノ酸のカルボキシル基側のペプチド結合を選択的に加水分解する酵素と反応させたところ、3 種類のペプチド A (分子量 320)、ペプチド B (分子量 495) およびペプチド C (分子量 208) が得られた。
- 4) ペプチド A ~ C に水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(II)を加えたところ、ペプチド A およびペプチド B は赤紫色を示したが、ペプチド C は示さなかった。
- 5) ペプチド A ~ C を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱し、中和した後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、ペプチド A およびペプチド C だけが沈殿を生じた。
- 6) ペプチド A ~ C に濃硝酸を加えて加熱後、塩基性になると、ペプチド B だけが橙黄色になった。

表1 ペプチドXに含まれる α -アミノ酸の名称、略号、分子量および置換基R-の構造式

名称	略号	分子量	置換基 R-
グリシン	Gly	75	H-
アラニン	Ala	89	CH ₃ -
チロシン	Tyr	181	HO-  -CH ₂ -
セリン	Ser	105	HO-CH ₂ -
リシン	Lys	146	H ₂ N-(CH ₂) ₄ -
グルタミン酸	Glu	147	HOOC-(CH ₂) ₂ -
システイン	Cys	121	HS-CH ₂ -

問1 アラニンの等電点は6.0である。pH 10.0に調整したアラニン水溶液中のアラニンの状態を構造式で記せ。また、この溶液をろ紙にしみこませて電圧をかけるとアラニンは陽極側、陰極側のどちらに移動するか記せ。

問2 次の文章①～④の中で正しいものを1つ選び、その番号を記せ。

- ① ペプチドAおよびペプチドBは、いずれも芳香族アミノ酸を含んでいる。
- ② ペプチドCは、芳香族アミノ酸を含んでいる。
- ③ ペプチドBは、アミノ酸3分子以上で構成されるペプチドである。
- ④ ペプチドCは、アミノ酸3分子以上で構成されるペプチドである。

問3 ペプチドAおよびペプチドCの一次構造を推定し、例にならって記せ。

例：(N末端) Gly—Ser—Glu—Ala—Cys (C末端)