

医学部 一般・理科

《 注 意 事 項 》

1. 解答用紙左部に氏名、フリガナ、その下部に受験番号を記入し、例にならって○の中を塗りつぶすこと。

(例) 受験番号10001の場合

フリガナ	
氏 名	

受 験 番 号				
万	千	百	十	一
1	0	0	0	1
	●	●	●	○
●	①	①	①	●
②	②	②	②	②
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

2. 出題科目、ページ及び選択方法は下表のとおりです。

出題科目	ページ	選 択 方 法
物 理	1～16	左の3科目のうちから2科目を選択し、解答しなさい。解答する科目の順番は問いません。解答時間（120分）の配分は自由です。
化 学	17～28	
生 物	29～41	

3. 2枚の解答用紙のそれぞれの解答科目欄に、解答する科目のいずれか1つをマークすること。

4. 解答方法は次のとおりである。

(1) 各問題には、正しい答えは一つしかないので、最も適当と思われる答えを一つ選び、次の例にならって解答用紙に記入すること。

※一つの問に二つ以上解答した場合は誤りとなる。

(例) 問1 東北医科薬科大学のある都市は次のうちどれか。

1. 札幌市 2. 青森市 3. 秋田市 4. 山形市 5. 盛岡市
6. 福島市 7. 水戸市 8. 新潟市 9. 東京都 10. 仙台市

正しい答えは、10であるので解答用紙の ⑩ を塗りつぶして

解答	解 答 欄										
番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0
1	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	●	⑩

とすればよい。


この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

- (2) に数字「8」、 に数字「0」と答えたい時は次のとおりマークしなさい。

6	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	●	⑨	⑩	⑪
7	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	●

/ のように分数形で解答する場合は、既約分数(それ以上約分できない分数)で答えなさい。 / に $3/4$ と答えたい時は次のとおりマークしなさい。

8	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
9	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪

- (3) 解答の作成にはH、F、HBの黒鉛筆を使用し、○の中を塗りつぶすこと。シャープペンシル等、黒鉛筆以外のものを使用した場合には、解答が読み取れず、採点できない場合がある。
尚、解答以外に印をつけた場合は、必ず消しておくこと。
- (4) 答えを修正した場合は、プラスチック製の消しゴムであとが残らないように**完全に消すこと**。鉛筆のあとが残ったり、のような消し方などした場合は、修正または解答したことにならないので注意すること。
- (5) 解答用紙は折り曲げたり、メモやチェック等で汚したりしないよう、特に注意すること。

5. 問題の内容については、質問しないこと。

(問題冊子は回収しません)

化 学

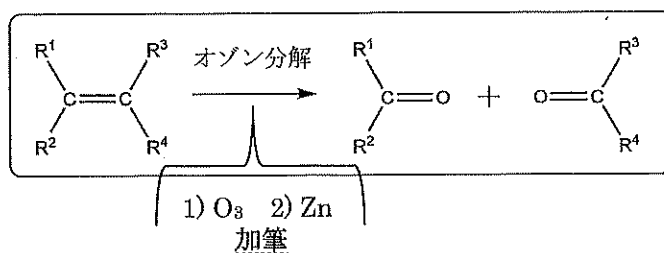
問題訂正
化学

24ページ

【Ⅲ】 本文 実験結果 (7) およびオゾン分解図に加筆

実験結果 (7) D および E をそれぞれオゾン分解 (オゾン O_3 による酸化) したところ、^{加筆} ^{有機化合物として} いずれも同じ化合物 G のみが得られた。

ここで、オゾン分解とは、下に示す反応のことである。なお、 R^1 , R^2 , R^3 , R^4 はアルキル基または水素原子を表す。



25ページ

【Ⅳ】 問 15 選択肢 d 訂正

(訂正前) d この分子内脱水反応において、F の生成量は D よりも多い。

(訂正後) d この分子内脱水反応の主生成物は F である。

27ページ

【Ⅳ】 問 20 問題文に以下の ただし書き を加筆

ただし、導入できるスルホ基の数は 由来の各ベンゼン環について 1 個とする。

問題訂正

受験者に対して、試験開始前に問題訂正があることを口頭で伝えた上、試験開始直後に下枠の内容を、黒板に板書するなどにより周知してください。

問題訂正

化学

問題訂正の訂正

2510-13"

(訂正前) 【Ⅳ】問15 選択肢 d 訂正
~~~~~

(訂正後) 【Ⅱ】問15 選択肢 d 訂正  
~~~~~

必要ならば、つぎの数値を用いなさい。

原子量：H=1, C=12, N=14, O=16, Na=23, Si=28, S=32, Cl=35.5, Ca=40

アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

【I】 化学史に関するつぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

ア (フランス, 1743~1794) は, 1774 年に精密な天秤を用いて質量保存の法則を確立した。それによると, 化学反応の前後において, 物質の質量の総和は変わらない。イ (フランス, 1754~1826) は, 1799 年に定比例の法則を発見した。同一の化合物を構成する成分元素の質量の比は, つくり方によらず常に一定である。また, ウ (イギリス, 1766~1844) は, 1803 年に主に気体の性質についての研究から, 原子説を発表した。原子説を使えば, 質量保存の法則や定比例の法則が説明できる。さらに ウ は 1803 年に倍数比例の法則を発見した。それによると, 2 種類の元素 A, B が化合していくつかの化合物をつくるとき, A の一定質量と化合する B の質量を化合物同士で比べると, 簡単な整数比になる。エ (フランス, 1778~1850) は, 1808 年に気体反応の法則を発見した。それによると, 気体同士の反応では, 反応に関係する気体の体積比は, 同温・同圧のもとでは簡単な整数比になる。アボガドロ (イタリア, 1776~1856) は, 1811 年に気体反応の法則を説明するために, 気体の構成粒子として分子を考え, 分子説を唱えた。それによると, すべての気体は, 同温・同圧のとき, 同体積中に同数の分子を含んでいる。この法則は, アボガドロの法則とよばれている。また, 1 mol あたりの粒子の数をアボガドロ定数という。

アボガドロ定数を求めるには, (i) 結晶の構造から求める方法 と (ii) 水面上の単分子膜の面積から求める方法がある。(i) の方法では, 高純度のケイ素の結晶を用いて決められた。まず, ケイ素の結晶の質量と体積から密度を決定する。そして, 原子 1 個の体積・モル質量・密度・単位格子の 1 辺の長さから精密なアボガドロ定数が求められる。(ii) の方法では, ステアリン酸を揮発性の溶媒に溶かして水面上に静かにそそぐと, 溶液は水面上に広がる。溶媒が揮発した後に, 水面上に 1 分子ずつ直立して並んだ単分子膜ができる。この単分子膜の面積を測定し, さらにステアリン酸 1 分子が水面上で占有する面積から, 単分子膜に含まれる分子の数がわかり, そこからアボガドロ定数を求めることができる。

問1 に入る人物名と、 が質量保存の法則の実験に使用した金属の1つとして正しい組合せはどれか。なお、使用した金属は原子番号が50であり、現在ブロンズの添加元素である。

	<input type="text" value="ア"/>	使用した金属
①	プリーストリ	アンチモン
②	プリーストリ	インジウム
③	プリーストリ	スズ
④	ラザフォード	アンチモン
⑤	ラザフォード	インジウム
⑥	ラザフォード	スズ
⑦	ラボアジエ	アンチモン
⑧	ラボアジエ	インジウム
⑨	ラボアジエ	スズ

問2 と に入る人物名の正しい組合せはどれか。

	<input type="text" value="イ"/>	<input type="text" value="エ"/>
①	プルースト	ドルトン
②	プルースト	ゲーリュサック
③	プルースト	ニコルソン
④	ドルトン	プルースト
⑤	ドルトン	ゲーリュサック
⑥	ドルトン	ニコルソン
⑦	ゲーリュサック	プルースト
⑧	ゲーリュサック	ドルトン
⑨	ゲーリュサック	ニコルソン

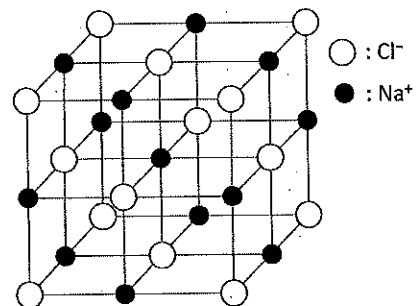
問3 下線部におけるケイ素の結晶について、モル質量を w [g/mol]、密度を d [g/cm³]、単位格子の1辺の長さを a [cm] とすると、アボガドロ定数 N_A [1/mol] を表わす式として正しいものはどれか。なお、ケイ素の単位格子中の原子の数は、ダイヤモンドのそれと同じである。

- ① $\frac{wa^3}{4d}$ ② $\frac{wa^3}{6d}$ ③ $\frac{wa^3}{8d}$ ④ $\frac{da^3}{4w}$ ⑤ $\frac{da^3}{6w}$
 ⑥ $\frac{da^3}{8w}$ ⑦ $\frac{4w}{da^3}$ ⑧ $\frac{6w}{da^3}$ ⑨ $\frac{8w}{da^3}$

問4 ステアリン酸 (分子量 284) 35.5 mg をベンゼンに溶かして全量を 100 mL にした。この溶液 0.100 mL を水面に滴下したところ、やがてベンゼンが揮発してステアリン酸分子が水面に広がり、面積が 165 cm² の単分子膜ができた。この単分子膜におけるステアリン酸 1 分子が占有する面積 [cm²] はいくらか。最も近い値はどれか。

- ① 2.19×10^{-12} ② 2.19×10^{-14} ③ 2.19×10^{-15} ④ 2.19×10^{-16} ⑤ 2.19×10^{-18}
 ⑥ 4.56×10^{-12} ⑦ 4.56×10^{-14} ⑧ 4.56×10^{-15} ⑨ 4.56×10^{-16} ⑩ 4.56×10^{-18}

問5 塩化ナトリウム NaCl は図のような単位格子の結晶構造をとっている。この塩化ナトリウムの結晶の密度は何 g/cm³ か。最も近い値はどれか。ただし、Na⁺および Cl⁻ のイオン半径はそれぞれ 0.116 nm および 0.167 nm とする (1 nm = 1 × 10⁻⁹ m)。また、各イオンは球であり、Na⁺ と Cl⁻ は接しているが、同じイオン同士は接していないものとする。

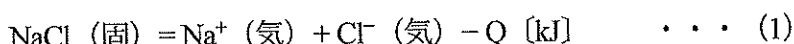


- ① 2.15×10^{-1} ② 3.23×10^{-1} ③ 4.30×10^{-1} ④ 2.15 ⑤ 2.68
 ⑥ 3.23 ⑦ 4.30 ⑧ 21.5 ⑨ 32.3 ⑩ 43.0

このページは白紙である

【II】 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

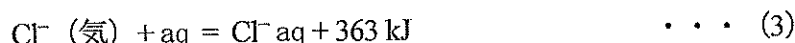
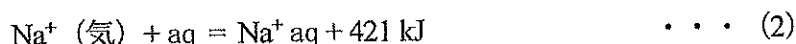
1 mol の塩化ナトリウム NaCl 結晶中の結合を切断し、すべてのイオンを、互いに遠く離して力を及ぼしあわない状態にするのに必要なエネルギーを、NaCl (固) の格子エネルギーという。イオン結晶である NaCl (固) の格子エネルギーを Q [kJ/mol] とすると、その熱化学方程式は (1) 式のように表すことができる。



結晶の安定度の目安になる格子エネルギーを直接測定することは困難だが、以下に示す測定可能な物理量 (熱化学方程式) から、ヘスの法則を用いて間接的に求めることができる。

- 1) NaCl (固) の生成熱 : $\text{Na (固)} + \frac{1}{2} \text{Cl}_2 \text{ (気)} = \text{NaCl (固)} + 411 \text{ kJ}$
- 2) Na (気) のイオン化エネルギー : $\text{Na (気)} = \text{Na}^+ \text{ (気)} + e^- - 502 \text{ kJ}$
- 3) Cl₂ (気) の結合エネルギー : $\text{Cl}_2 \text{ (気)} = 2\text{Cl (気)} - 244 \text{ kJ}$
- 4) Cl (気) の電子親和力 : $\text{Cl (気)} + e^- = \text{Cl}^- \text{ (気)} + 354 \text{ kJ}$
- 5) Na (固) の昇華熱 : $\text{Na (固)} = \text{Na (気)} - 107 \text{ kJ}$

また、求めた NaCl (固) の格子エネルギー Q [kJ/mol] と、(2) 式と (3) 式に示すそれぞれのイオンの水和熱から、NaCl (固) を水に溶解したときの溶解熱を求めることができる。



このように、イオン結晶の格子エネルギーを求めるような一連の反応を ア サイクルという。ア サイクルは、様々な応用がされている。例えば、パートレットは、1962年に室温で酸素 O₂ とフッ化白金 (VI) PtF₆ を反応させて、O₂PtF₆ の組成の結晶を見いだした。このような結晶が存在することから、希ガス化合物 イ の存在が予測され、実際に合成された。なお、イ を構成する希ガス元素は、カメラのストロボなどに利用されている。

問6 (1) 式について、NaCl (固) の格子エネルギーQは何kJ/molか。最も近い値はどれか。

- ① 492 ② 614 ③ 674 ④ 788 ⑤ 796
 ⑥ 910 ⑦ 1130 ⑧ 1252 ⑨ 1282 ⑩ 1404

問7 下線部について、NaCl (固) を水に溶解したときの溶解熱は何kJ/molか。最も近い値はどれか。

- ① -170 ② -126 ③ -110 ④ -12.0 ⑤ -4.00
 ⑥ 4.00 ⑦ 12.0 ⑧ 110 ⑨ 126 ⑩ 170

問8 に入る語句と に入る化合物の正しい組合せはどれか。

	ア	イ
①	ウッドワード・ホフマン	KrPtF ₆
②	ウッドワード・ホフマン	XePtF ₆
③	ウッドワード・ホフマン	RnPtF ₆
④	ハーバー・ボッシュ	KrPtF ₆
⑤	ハーバー・ボッシュ	XePtF ₆
⑥	ハーバー・ボッシュ	RnPtF ₆
⑦	ボルン・ハーバー	KrPtF ₆
⑧	ボルン・ハーバー	XePtF ₆
⑨	ボルン・ハーバー	RnPtF ₆

問9 つぎの記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- a アンモニア NH₃ の水への溶解は吸熱反応である。
 b 植物の光合成は吸熱反応である。
 c エチレン C₂H₄ (気) の生成熱は、発熱である。
 d 水 (気) の生成熱は、水 (固) の生成熱と融解熱および蒸発熱の和に等しい。
 e 炭素 C (黒鉛) の燃焼熱と二酸化炭素 CO₂ (気) の生成熱は等しい。

- ① (a, b) ② (a, c) ③ (a, d) ④ (a, e) ⑤ (b, c)
 ⑥ (b, d) ⑦ (b, e) ⑧ (c, d) ⑨ (c, e) ⑩ (d, e)

問 10 つぎの記述のうち、正しいのはどれか。

- a リン P 原子よりも硫黄 S 原子の方が、第 1 イオン化エネルギーが大きい。
- b マグネシウム Mg 原子、カルシウム Ca 原子、ストロンチウム Sr 原子の順で第 1 イオン化エネルギーが小さくなるのは、最外殻電子に働く原子核からの引力が大きくなるからである。
- c 第 2 イオン化エネルギーの最も大きな原子は、リチウム Li 原子である。
- d 一般に電子親和力は、1 価の陰イオンから電子 1 個を取り去るために必要なエネルギーとして測定される。

- ① a のみ ② b のみ ③ c のみ ④ d のみ ⑤ a, b のみ
⑥ a, c のみ ⑦ a, d のみ ⑧ b, c のみ ⑨ b, d のみ ⑩ c, d のみ

問 11 標準状態で 22.4 L のエタンとプロパンの混合気体を完全燃焼させたところ、1957 kJ の熱が発生した。このとき、標準状態で少なくとも何 L の酸素が必要か。最も近い値はどれか。ただし、エタン (気) , プロパン (気) , 二酸化炭素 (気) , 水 (液) の生成熱はそれぞれ 84 kJ/mol, 106 kJ/mol, 394 kJ/mol, 286 kJ/mol とし、生成する水はすべて液体であるとする。

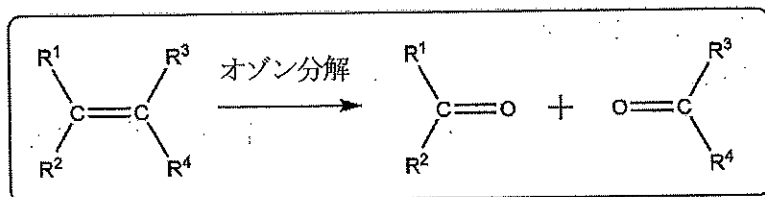
- ① 22.4 ② 44.8 ③ 45.9 ④ 89.2 ⑤ 91.8
⑥ 98.6 ⑦ 139 ⑧ 178 ⑨ 184 ⑩ 197

【Ⅲ】 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

ベンゼン環にカルボキシ基が直接結合した芳香族カルボン酸 A と、一般式 R-OH (R は炭化水素基) で表されるアルコール B の脱水縮合反応により得られたエステル C がある。A、B および C について、以下の実験結果が得られた。

- 実験結果 (1) A、B および C は、すべて炭素、酸素、水素のみからなる化合物であった。
- 実験結果 (2) 1.22 g の A を完全燃焼させたところ、3.08 g の二酸化炭素 CO_2 と 0.540 g の水 H_2O が生成した。また、A を気体にしたところ、その密度は同温・同圧の酸素 O_2 の約 3.81 倍であった。
- 実験結果 (3) B は不斉炭素原子をもち、一对の鏡像異性体の一方であった。
- 実験結果 (4) B にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させたところ、特有の臭気をもつ黄色の結晶が生じた。
- 実験結果 (5) B を濃硫酸と加熱して分子内脱水反応を行ったところ、3 種のアルケン D、E および F が得られた。D と E は互いに幾何異性体であった。
- 実験結果 (6) 融点は D の方が E よりも高く、沸点は E の方が D よりも高かった。
- 実験結果 (7) D および E をそれぞれオゾン分解 (オゾン O_3 による酸化) したところ、いずれも同じ化合物 G のみを得られた。

ここで、オゾン分解とは、下に示す反応のことである。なお、 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 はアルキル基または水素原子を表す。



問 12 ベンゼン中、芳香族カルボン酸 A には 2 分子が互いに水素結合して 1 分子のようにふるまう二量体が存在する。0.305 g の芳香族カルボン酸 A をベンゼン 40.0 g に溶かした溶液の凝固点降下度が 0.192 K であったとき、この溶液中の A 分子のうち何%が二量体を形成しているか。最も近い値はどれか。ただし、ベンゼンのモル凝固点降下は $5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$ とする。

- ① 38.5 ② 42.8 ③ 48.6 ④ 52.4 ⑤ 60.0
 ⑥ 66.2 ⑦ 72.5 ⑧ 80.0 ⑨ 83.5 ⑩ 90.0

問 13 アルコール B の異性体は B を含め何種類あるか。

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6
⑥ 7 ⑦ 8 ⑧ 9 ⑨ 10 ⑩ 11

問 14 エステル C を完全燃焼したときに生成する二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O の物質量の比として正しいものはどれか。ただし、括弧内の比は ($\text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O}$) とする。

- ① (5 : 2) ② (2 : 1) ③ (5 : 3) ④ (10 : 7) ⑤ (5 : 4)
⑥ (10 : 9) ⑦ (11 : 6) ⑧ (11 : 7) ⑨ (11 : 9) ⑩ (13 : 9)

問 15 実験結果 (5) で得られたアルケンについて、正しい記述の組合せはどれか。

- a 同じ分子式を持つ異性体は D, E, F を含め 6 種存在する。
b D はトランス形, E はシス形である。
c この分子内脱水反応の主生成物は、マルコフニコフ則により予想することができる。
d この分子内脱水反応において、F の生成量は D よりも多い。
e F に臭素 Br_2 を付加させた化合物には不斉炭素原子が 2 個存在する。

問 16 化合物 G について、正しい記述の組合せはどれか。

- a プロペンの直接酸化により得られる。
b ヨードホルム反応陽性である。
c フェノール樹脂 (ベークライト) の原料の一つである。
d 工業的には、塩化パラジウム (II) と塩化銅 (II) を触媒に用いたエチレンの酸化により製造される。
e 酢酸カルシウムの熱分解 (乾留) によって得られる。

【問 15, 16 の解答群】

- ① (a, b) ② (a, c) ③ (a, d) ④ (a, e) ⑤ (b, c)
⑥ (b, d) ⑦ (b, e) ⑧ (c, d) ⑨ (c, e) ⑩ (d, e)

問 17 エステル C の異性体のうち、ベンゼンの二置換体で芳香族エステルに分類される化合物は全部で何種類あるか。ただし、この芳香族エステルは、エステル C と同様に芳香族カルボン酸とアルコールの脱水縮合反応により得られる化合物とする。また、二置換体とは、ベンゼンの水素原子 2 個が他の原子または原子団に置き換わった化合物である。

- ① 7 ② 8 ③ 9 ④ 10 ⑤ 12
⑥ 13 ⑦ 14 ⑧ 15 ⑨ 16 ⑩ 18

【IV】 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

ア と イ を共重合させると耐摩耗性に優れる合成ゴムが得られ、主に自動車のタイヤ材として用いられている。また、機能性高分子化合物の1つであるイオン交換樹脂本体は、一般に ア と *p*-ジビニルベンゼンの共重合体である。a) この樹脂を濃硫酸でスルホン化すると陽イオン交換樹脂が得られる。一方、この樹脂にトリメチルアンモニウム基などの塩基性官能基を導入したものを陰イオン交換樹脂という。この陰イオン交換樹脂をつめた円筒ガラス管に、pH 11 の緩衝液に溶解したグリシン、リシン、アスパラギン酸の混合溶液を流したところ、すべてのアミノ酸が樹脂に吸着した。その後、緩衝液の pH を徐々に下げながらこの管に流したところ、b) ウ に達したアミノ酸から順次溶出された。

問 18 ア にあてはまる物質はどれか。

問 19 イ にあてはまる物質はどれか。

【問 18, 19 の解答群】

- | | | | |
|-------------|----------|-------------|---------|
| ① アジピン酸 | ② イソプレン | ③ エチレングリコール | ④ 酢酸ビニル |
| ⑤ スチレン | ⑥ テレフタル酸 | ⑦ 尿素 | ⑧ フェノール |
| ⑨ 1,3-ブタジエン | ⑩ プロピレン | | |

問 20 下線 a) について、ア と *p*-ジビニルベンゼンを物質質量比 9 : 1 で共重合させ平均分子量 1.00×10^5 の樹脂をつくった。さらに、この樹脂 80.0 g を濃硫酸で処理して樹脂中のベンゼン環をスルホン化したところ、110 g の陽イオン交換樹脂を得た。この陽イオン交換樹脂に含まれるベンゼン環の何%がスルホン化されたか。最も近い値はどれか。

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| ① 10 | ② 20 | ③ 30 | ④ 40 | ⑤ 50 |
| ⑥ 60 | ⑦ 70 | ⑧ 80 | ⑨ 90 | ⑩ 100 |

問 21 下線 a) の陽イオン交換樹脂をつめた円筒ガラス管を準備した。そこに濃度不明の塩化カルシウム水溶液 10 mL を通し完全にイオン交換した後、この樹脂を純水で十分に水洗した。こうして得られた流出液と水洗液をすべて合わせた水溶液を、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で過不足なく中和するのに 60 mL を要した。この塩化カルシウム水溶液のモル濃度は何 mol/L か。最も近い値はどれか。

- ① 0.15 ② 0.30 ③ 0.45 ④ 0.60 ⑤ 0.75
⑥ 1.5 ⑦ 3.0 ⑧ 4.5 ⑨ 6.0 ⑩ 7.5

問 22 にあてはまる語句はどれか。

- ① 無定形 ② 凝固点 ③ 融点 ④ 軟化点 ⑤ 吸着点
⑥ 臨界 ⑦ 不動態 ⑧ 分散度 ⑨ 等電点 ⑩ 律速段階

問 23 のリシンにおいて最も多く存在するイオンはどれか。

- ① 1 価の陽イオン ② 1 価の陰イオン ③ 2 価の陽イオン
④ 2 価の陰イオン ⑤ 錯イオン ⑥ 双性イオン

問 24 下線 b) について、3 種類のアミノ酸はどの順番で溶出されるか。

- ① グリシン → リシン → アスパラギン酸
② グリシン → アスパラギン酸 → リシン
③ リシン → グリシン → アスパラギン酸
④ リシン → アスパラギン酸 → グリシン
⑤ アスパラギン酸 → グリシン → リシン
⑥ アスパラギン酸 → リシン → グリシン