

化 学

試験時間 ; 13:00～14:00 (60分)

配 点 ; 150点

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」の中を見てはいけません。
2. 配付物 ; (1)「問題冊子」1～22ページ
(2)「解答用紙(マーク式)」1枚
3. 「問題冊子」中、表紙裏と11ページ、15ページ、19ページは下書き用紙です。計算用紙として使いなさい。
問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
4. 問題文は、1～10ページ、12～14ページ、16～18ページ、20～22ページに印刷してあります。
5. 試験開始と同時に配付物を確認し、脱落している場合は申し出なさい。
また、試験中に「問題冊子」の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び「解答用紙(マーク式)」の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 「解答用紙(マーク式)」の記入方法について
 - (1) 記入は必ず**H, F, HBの黒鉛筆**を使用すること。
 - (2) 氏名欄には各自の氏名を楷書で記入すること。
 - (3) 受験番号記入欄には各自の5ケタの受験番号(90001, 90002, 90003, …)を記入し、続いて5ケタの受験番号(90001, 90002, 90003, …)をマークしなさい。
 - (4) 解答は指定された解答欄にマークしなさい。
 - (5) 欄外の「記入上の注意事項」をよく守って解答しなさい。
7. 試験終了の合図と同時に、裏返しの状態で下から「問題冊子」、
「解答用紙(マーク式)」1枚の順に並べなさい。
8. 試験終了後、「問題冊子」は持ち帰りなさい。

2023 (一般選抜後期)

下書き用紙

問 1 ~ 問 26 の解答を，指定された解答欄にマークせよ。

必要があれば，次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32,
Cl = 35.5

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L} / (\text{K}\cdot\text{mol})$

セルシウス温度目盛りのゼロ点 $0\text{ }^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$

『余 白』

1

次の問い（問1～問6）に答えよ。

(36点)

問1 マグネシウムに関する次の記述について、[ア]～[ウ]に入る語句または数値の正しい組み合わせはどれか。

マグネシウム **Mg** (原子量 **24.3**) には、 ^{24}Mg 、 ^{25}Mg および ^{26}Mg の3種類が安定な [ア] として天然に存在する。存在比率は、 ^{24}Mg が **80%**、 ^{25}Mg が [イ] %で、残りを ^{26}Mg が占める。これらは互いに [ウ] の数が異なっている。

マーク式解答欄 **1**

	[ア]	[イ]	[ウ]
(1)	同位体	2.0	中性子
(2)	同位体	10	中性子
(3)	同位体	18	陽子
(4)	同位体	2.0	陽子
(5)	同位体	10	陽子
(6)	同素体	18	陽子
(7)	同素体	2.0	陽子
(8)	同素体	10	中性子
(9)	同素体	18	中性子
(10)	同素体	2.0	中性子

『余 白』

問2 化合物 **A** の **2.0 mol/L** 水溶液と化合物 **B** の **0.10 mol/L** 水溶液を混合し、これに水を加えて、**A** と **B** の濃度がそれぞれ **0.50 mol/L** と **0.010 mol/L** となる混合水溶液を **10 mL** 調製した。このとき加えた水の体積〔**mL**〕はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、混合により化合物の変化は起こらないものとする。

マーク式解答欄 **2**

- (1) 3.5 (2) 4.0 (3) 4.5 (4) 5.0
(5) 5.5 (6) 6.0 (7) 6.5 (8) 7.0

問3 次の反応で発生する気体のうち、上方置換で捕集するもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 **3**

- (a) 銅に濃硝酸を加えて反応させる。
(b) 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。
(c) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱する。

- (1) [(a)] (2) [(b)] (3) [(c)]
(4) [(a),(b)] (5) [(a),(c)] (6) [(b),(c)]
(7) [(a),(b),(c)]

『余 白』

問4 ある非電解質の高分子化合物 **1.2 g** を完全に水に溶かして **250 mL** の水溶液をつくり、**27 °C** における浸透圧を測定したところ、 **3.0×10^2 Pa** であった。この高分子化合物の平均分子量はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、この水溶液の浸透圧は、ファントホッフの法則にしたがうものとする。

マーク式解答欄 **4**

(1) 1.0×10^4

(2) 2.5×10^4

(3) 4.0×10^4

(4) 5.8×10^4

(5) 1.0×10^5

(6) 2.5×10^5

(7) 4.0×10^5

(8) 5.8×10^5

(9) 1.0×10^6

『余 白』

問5 次の記述のうち、エチレンとアセチレンに共通するもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 **5**

- (a) 炭素原子間の結合距離は、ベンゼンの炭素原子間の結合距離よりも短い。
- (b) 臭素水の色を脱色することができる。
- (c) 水を付加して生成する化合物は、銀鏡反応を示す。

- (1) [(a)] (2) [(b)] (3) [(c)]
- (4) [(a),(b)] (5) [(a),(c)] (6) [(b),(c)]
- (7) [(a),(b),(c)]

問6 セルロース $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3]_n$ (n は重合度) **30 g** に濃硫酸と濃硝酸の混合溶液を作用させたところ、セルロースのヒドロキシ基の一部が硝酸エステル化された化合物が **45 g** 生成した。この反応で硝酸エステル化されたヒドロキシ基の割合 [%] は、セルロースに含まれるすべてのヒドロキシ基に対していくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 **6**

- (1) 60 (2) 65 (3) 70 (4) 75
- (5) 80 (6) 85 (7) 90 (8) 95

『余 白』

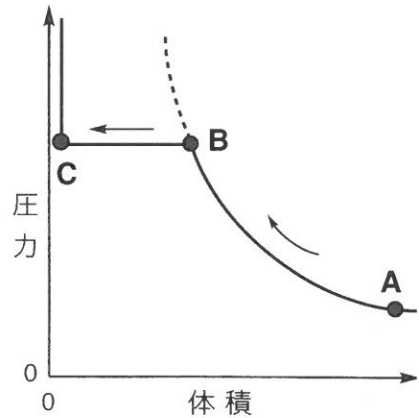
2

次の記述を読んで、問い(問7~問9)に答えよ。

(16点)

右図は、ある物質 **X** の一定量をピストン付きの容器に入れ、**27°C** に保ちながら、点 **A** から徐々に容器の体積を小さくしていったときの **X** の体積と圧力との関係を示したものである。

点 **A** では、**X** は理想気体としてふるまい、点 **A** での容器内の体積は **9.0 L**、圧力は **$4.2 \times 10^4 \text{ Pa}$** であった。



問7 物質 **X** の物質量 [mol] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 **7**

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|----------|
| (1) 0.015 | (2) 0.030 | (3) 0.060 | (4) 0.15 |
| (5) 0.30 | (6) 0.60 | (7) 1.5 | (8) 3.0 |

『余 白』

問8 物質 **X** に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 **8**

- (a) 点 **A** と点 **B** の間での気体 **X** の体積と圧力との関係は、シャルルの法則にしたがっている。
- (b) 点 **B** と点 **C** の間では、気体として存在している **X** の分子数は一定に保たれる。
- (c) 点 **B** と点 **C** の間の圧力は、**X** の飽和蒸気圧である。

- (1) [(a)] (2) [(b)] (3) [(c)]
- (4) [(a),(b)] (5) [(a),(c)] (6) [(b),(c)]
- (7) [(a),(b),(c)]

問9 実在気体と理想気体に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 **9**

- (a) 理想気体とは、気体分子自身の体積がなく、また、気体分子どうしに分子間力が働かないとする仮想の気体である。
- (b) 実在気体は、温度が一定の条件では、圧力が高いほど理想気体に近いふるまいをする。
- (c) 実在気体は、圧力が一定の条件では、温度が高いほど理想気体に近いふるまいをする。

- (1) [(a)] (2) [(b)] (3) [(c)]
- (4) [(a),(b)] (5) [(a),(c)] (6) [(b),(c)]
- (7) [(a),(b),(c)]

3

アンモニア水溶液および塩化アンモニウム水溶液に関する次の記述を読んで、問い（問10～問13）に答えよ。（27点）

弱塩基のアンモニア NH_3 を水に溶解すると、水溶液中でその一部の分子が電離して、式（1）で示すような電離平衡の状態となる。



この電離平衡の平衡定数を K とすると、希薄水溶液では水の濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ が一定とみなせるので、アンモニアの電離定数 K_b は、式（2）のように表され、温度が一定ならば一定の値となる。

$$K_b = K [\text{H}_2\text{O}] \quad (2)$$

電離前のアンモニアの濃度を C とすると、アンモニアの電離度が 1 より十分に小さい場合、アンモニアの電離度 α および水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は、それぞれ式（3）および（4）のように表される。

$$\alpha = [\text{ア}] \quad (3)$$

$$[\text{OH}^-] = [\text{イ}] \quad (4)$$

電離平衡は、塩化アンモニウム NH_4Cl を加えたアンモニア水溶液でも成立する。このとき塩化アンモニウムはすべて電離し、式（1）の平衡は左へ移動し、アンモニアの電離はほぼ無視できる。したがって、水溶液中のアンモニアの濃度を C_A 、塩化アンモニウムの濃度を C_B とすると、水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は、 C_A 、 C_B および K_b を用いて、式（5）のように表される。

$$[\text{OH}^-] = [\text{ウ}] \quad (5)$$

なお、 25°C における水のイオン積 K_w 、アンモニアの電離定数 K_b をそれぞれ、 $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

問10 [ア] および [イ] に入る式として、正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 10

- | | [ア] | [イ] |
|-----|------------------------|----------------------------|
| (1) | $\sqrt{\frac{K_b}{C}}$ | $\sqrt{CK_b}$ |
| (2) | $\sqrt{\frac{K_b}{C}}$ | $\sqrt{\frac{1}{CK_b}}$ |
| (3) | $\sqrt{\frac{K_b}{C}}$ | $\sqrt{\frac{K_b K_w}{C}}$ |
| (4) | $\sqrt{\frac{C}{K_b}}$ | $\sqrt{CK_b}$ |
| (5) | $\sqrt{\frac{C}{K_b}}$ | $\sqrt{\frac{1}{CK_b}}$ |
| (6) | $\sqrt{\frac{C}{K_b}}$ | $\sqrt{\frac{K_b K_w}{C}}$ |
| (7) | $\sqrt{CK_b}$ | $\sqrt{\frac{K_b}{C}}$ |
| (8) | $\sqrt{CK_b}$ | $\sqrt{\frac{C}{K_b}}$ |
| (9) | $\sqrt{CK_b}$ | $\sqrt{\frac{K_b K_w}{C}}$ |

問11 [ウ] に入る式として、正しいものはどれか。

マーク式解答欄 11

- | | | | | | | | |
|-----|------------------------------|-----|------------------------------|-----|------------------------------|-----|------------------------------|
| (1) | $\frac{C_B}{C_A K_b}$ | (2) | $\frac{C_A K_b}{C_B}$ | (3) | $\frac{C_A}{C_B K_b}$ | (4) | $\frac{C_B K_b}{C_A}$ |
| (5) | $\sqrt{\frac{C_B}{C_A K_b}}$ | (6) | $\sqrt{\frac{C_A K_b}{C_B}}$ | (7) | $\sqrt{\frac{C_A}{C_B K_b}}$ | (8) | $\sqrt{\frac{C_B K_b}{C_A}}$ |

問 1 2 25 °C における 0.20 mol/L アンモニア水溶液のアンモニアの電離度および pH として、正しい組み合わせはどれか。必要ならば、 $\sqrt{2} = 1.4$, $\log_{10}2 = 0.30$ を用いよ。

マーク式解答欄 1 2

	電離度	pH
(1)	0.010	10.3
(2)	0.010	10.7
(3)	0.010	11.3
(4)	0.010	11.7
(5)	0.014	10.3
(6)	0.014	10.7
(7)	0.014	11.3
(8)	0.014	11.7

問 1 3 0.20 mol/L アンモニア水溶液 40 mL と 0.40 mol/L 塩化アンモニウム水溶液 10 mL を混合した水溶液の 25 °C における pH はいくらか。最も近い値を選べ。必要ならば、 $\sqrt{2} = 1.4$, $\log_{10}2 = 0.30$ を用いよ。

マーク式解答欄 1 3

(1) 8.3	(2) 8.7	(3) 9.0	(4) 9.3
(5) 9.6	(6) 9.9	(7) 10.3	(8) 10.6

『余 白』

下書き用紙

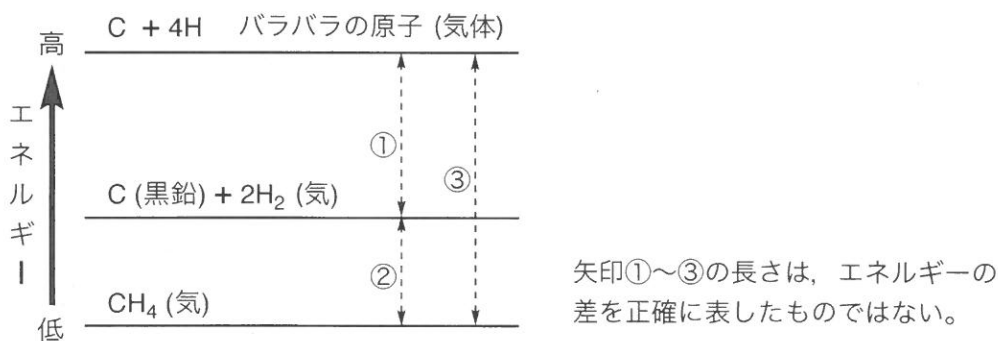
4

次の記述を読んで、問い（問14～問18）に答えよ。（29点）

化学反応では、反応物の化学結合が切断され、新たな化学結合が形成されて生成物となる。反応に関与する物質がすべてバラバラの原子(気体)の状態を基準として考えると、ヘスの法則から、反応熱は式(1)として表される。

$$\text{反応熱} = (\text{気体状態の生成物の結合エネルギーの総和}) - (\text{気体状態の反応物の結合エネルギーの総和}) \quad (1)$$

下図は、メタン CH_4 が化学変化するときのそれぞれの物質がもつエネルギー状態を示したものである。メタン(気)の結合エネルギーの総和は矢印 [ア]、メタン(気)の生成熱は矢印 [イ] で表される。メタン(気)の生成熱、炭素(黒鉛)の昇華熱、 H-H の結合エネルギーをそれぞれ、 75 kJ/mol 、 717 kJ/mol 、 436 kJ/mol とすると、式(1)から、メタンの C-H の結合エネルギーは、 kJ/mol となる。



また、エタン C_2H_6 とメタン CH_4 の C-H の結合エネルギーが等しいとすると、エタンの生成熱から同様に、エタンの C-C の結合エネルギーも求められる。水素、炭素(黒鉛)、エタンの燃焼熱をそれぞれ、 286 kJ/mol 、 394 kJ/mol 、 1561 kJ/mol とすると、エタン(気)の生成熱は、 kJ/mol となる。したがって、エタンの C-C の結合エネルギーは、 kJ/mol となる。

一方、炭素数 n 個の直鎖状アルカン $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ では、炭素数が 1 つ増えると、新たに 1 つの C-C 結合と 2 つの C-H 結合が形成される。したがって、直鎖状アルカン $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (気)の生成熱は、上記の結合エネルギーや反応熱の数値を用いて、炭素数が 1 つ増えると、 kJ/mol 増えると予想される。

ただし、炭素(黒鉛)は、昇華熱が与えられると、バラバラの原子(気体)の状態となるものとする。

問14 [ア] および [イ] に入る図の矢印の番号として、正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 14

	[ア]	[イ]
(1)	①	②
(2)	①	③
(3)	②	①
(4)	②	③
(5)	③	①
(6)	③	②

問15 a kJ/mol に入る数値はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 15

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) 378 | (2) 386 | (3) 398 | (4) 404 |
| (5) 416 | (6) 424 | (7) 436 | (8) 445 |

『余 白』

問 16 kJ/mol に入る数値はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 16

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| (1) 64 | (2) 67 | (3) 70 | (4) 73 |
| (5) 76 | (6) 79 | (7) 82 | (8) 85 |

問 17 kJ/mol に入る数値はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 17

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) 287 | (2) 298 | (3) 309 | (4) 319 |
| (5) 323 | (6) 331 | (7) 339 | (8) 348 |

問 18 直鎖状アルカン C_nH_{2n+2} の C-C と C-H の結合エネルギーをそれぞれ、 Q_{C-C} 、 Q_{C-H} [kJ/mol] とすると、 に入る適切な式はどれか。ただし、この直鎖状アルカンに含まれるすべての C-C と C-H の結合エネルギーは、それぞれ等しいものとする。

マーク式解答欄 18

- (1) $Q_{C-C} + Q_{C-H} - 1153$
- (2) $Q_{C-C} + Q_{C-H} - 1589$
- (3) $Q_{C-C} + Q_{C-H} - 1870$
- (4) $2Q_{C-C} + Q_{C-H} - 1153$
- (5) $2Q_{C-C} + Q_{C-H} - 1589$
- (6) $2Q_{C-C} + Q_{C-H} - 1870$
- (7) $Q_{C-C} + 2Q_{C-H} - 1153$
- (8) $Q_{C-C} + 2Q_{C-H} - 1589$
- (9) $Q_{C-C} + 2Q_{C-H} - 1870$

下書き用紙

5

次の記述を読んで、問い(問19～問22)に答えよ。(21点)

1. 化合物 **A** は、分子式 $C_{20}H_{20}O_6$ で表され、ベンゼン環を **2** つ、エステル結合を **3** つ、不斉炭素原子を **2** つもつ。
2. **A** のエステル結合をすべて加水分解すると、中性化合物 **B**、酢酸、および酸性化合物 **C** と **D** が生成した。
3. **B** の [**ア**] 反応を行うと、分子式 C_8H_8 で表されるスチレンが生成した。また、**B** の [**イ**] 反応を行うと、**B** よりも分子量が **2** 減ったカルボニル基をもつ化合物 **E** が生成した。
4. ナトリウムフェノキシドに二酸化炭素を高温・高圧下で反応させたのち、希硫酸を加えて酸性にすると、**C** が生成した。
5. **D** は、分子量が **100** 以下であり、元素分析を行ったところ、質量百分率で、炭素 **40.0%**、水素 **6.7%**、酸素 **53.3%** であった。
6. **C** にメタノールと少量の濃硫酸を作用させると、消炎鎮痛剤として用いられる化合物 **F** が生成した。

問19 [**ア**] および [**イ**] に入る語句として、正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 19

	[ア]	[イ]
(1)	付加	還元
(2)	付加	酸化
(3)	付加	置換
(4)	縮合	還元
(5)	縮合	酸化
(6)	縮合	置換
(7)	脱水	還元
(8)	脱水	酸化
(9)	脱水	置換

問20 化合物Bの構造異性体のうち、ベンゼン環に2つの置換基をもつものは何種類存在するか。

マーク式解答欄 20

- | | | | | | |
|-----|---|-----|---|-----|---|
| (1) | 1 | (2) | 2 | (3) | 3 |
| (4) | 4 | (5) | 5 | (6) | 6 |
| (7) | 7 | (8) | 8 | (9) | 9 |

問21 化合物CとDの正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 21

- | | C | D |
|-----|-------|---------|
| (1) | 安息香酸 | シュウ酸 |
| (2) | サリチル酸 | シュウ酸 |
| (3) | フタル酸 | シュウ酸 |
| (4) | 安息香酸 | 2-ブタノール |
| (5) | サリチル酸 | 2-ブタノール |
| (6) | フタル酸 | 2-ブタノール |
| (7) | 安息香酸 | 乳酸 |
| (8) | サリチル酸 | 乳酸 |
| (9) | フタル酸 | 乳酸 |

『余 白』

問22 化合物 B～F に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 22

- (a) B～Fのうち、塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって青～赤紫色を呈するものは、Cのみである。
- (b) B～Fのうち、ヨードホルム反応を示すものはEのみである。
- (c) B～Fのうち、炭酸水素ナトリウム水溶液と反応して二酸化炭素を発生するものは、CとDのみである。

(1) [(a)]

(2) [(b)]

(3) [(c)]

(4) [(a),(b)]

(5) [(a),(c)]

(6) [(b),(c)]

(7) [(a),(b),(c)]

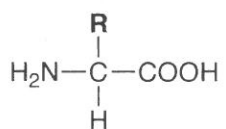
『余 白』

下書き用紙

6

次の記述を読んで、問い（問23～問26）に答えよ。（21点）

- トリペプチド **A** および **B** は、いずれも下記 **ア**～**エ** の中の 2 種のアミノ酸で構成される。
- 1 mol の **A** を完全に加水分解すると、2 mol のアミノ酸 **X** と 1 mol のアミノ酸 **Y** が生成した。また、**A** を部分的に加水分解すると、ジペプチド **C** および **D** が生成した。
- B** を部分的に加水分解した場合も、**C** および **D** が生成した。
- C** の水溶液に、(i) 濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えても黒色沈殿は生じなかった。また、**C** は (ii) キサントプロテイン反応を示さなかった。
- A** を十分量の無水酢酸と反応させてアセチル化すると、分子量が 126 増えた化合物が生成した。
- B** に少量の濃硫酸を加え、十分量のエタノールと反応させてエステル化すると、分子量が 84 増えた化合物が生成した。



アミノ酸の一般式

アミノ酸	分子量	置換基 R の構造
ア	121	R = -CH ₂ SH
イ	181	R = -CH ₂ - 
ウ	146	R = -(CH ₂) ₄ -NH ₂
エ	133	R = -CH ₂ COOH

『余 白』

問23 アミノ酸ア～エのうち、下線部 (i) の反応で黒色沈殿を生じるアミノ酸および下線部 (ii) の反応を示すアミノ酸の正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 23

	(i) の反応で黒色沈殿 を生じるアミノ酸	(ii) の反応を示す アミノ酸
(1)	ア	イ
(2)	ア	ウ
(3)	イ	ア
(4)	イ	エ
(5)	ウ	ア
(6)	ウ	イ
(7)	ウ	エ
(8)	エ	ア
(9)	エ	イ
(10)	エ	ウ

問24 アミノ酸XとYの正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 24

	アミノ酸 X	アミノ酸 Y
(1)	ア	イ
(2)	ア	ウ
(3)	イ	ア
(4)	イ	エ
(5)	ウ	ア
(6)	ウ	イ
(7)	ウ	エ
(8)	エ	ア
(9)	エ	イ
(10)	エ	ウ

問25 トリペプチド **B** を十分量の無水酢酸でアセチル化して生成する化合物の分子量はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 25

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) 418 | (2) 431 | (3) 460 | (4) 473 |
| (5) 496 | (6) 502 | (7) 515 | (8) 551 |

問26 次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 26

- (a) ジペプチド **C** および **D** は、いずれもビウレット反応で呈色する。
- (b) アミノ酸 **A** ~ **E** のうち、最も等電点の大きいアミノ酸は **ウ** である。
- (c) アミノ酸 **A** ~ **E** は、それぞれの等電点と同じ **pH** の水溶液中では、いずれも双性イオンになっていない。

- | | | |
|-------------------|---------------|---------------|
| (1) [(a)] | (2) [(b)] | (3) [(c)] |
| (4) [(a),(b)] | (5) [(a),(c)] | (6) [(b),(c)] |
| (7) [(a),(b),(c)] | | |

『以上』