

※一般は物理・化学・生物から2科目選択  
学士は化学・生物必須

試験時間 100分

物理 1~11 ページ

化学 12~22 ページ

生物 23~33 ページ

- 注意事項**
- 出願の際に選択した科目、2科目につき解答すること。
  - 解答用紙(マークカード)は各科目につき1枚である。
  - 選択しない科目の解答用紙(マークカード)にも受験番号と氏名を記入し、全面に大きく×印をつけて、机の右端に置くこと。試験中に回収します。
  - 解答用紙(マークカード)に、氏名・フリガナ・受験番号の記入および受験番号のマークを忘れないこと。
  - マークはHBの鉛筆で、はっきりとマークすること。
  - マークを消す場合、消しゴムで完全に消し、消しくずを残さないこと。
  - 解答用紙(マークカード)は折り曲げたり、メモやチェックなどで汚したりしないように注意すること。
  - 各問題の選択肢のうち質問に適した答を1つだけ選びマークすること。1問に2つ以上解答した場合は誤りとする。
  - 問題用紙は解答用紙(マークカード)とともに机上に置いて退出すること。持ち帰ってはいけない。

[1] 次の[1]~[8]の問に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

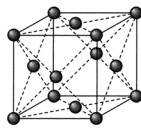
[1] カルシウムの化合物に関する次の記述のうちから、誤っているものを2つ選べ。

1

- 塩化カルシウムの無水塩は、空气中で潮解する。
- 炭酸カルシウムが塩酸と反応すると、二酸化炭素が発生する。
- 硫酸カルシウム二水和物を焼くことにより得られる焼きセッコウは、無水塩である。
- 酸化カルシウムが水と反応すると、消石灰が生じる。
- 水酸化カルシウム水溶液に二酸化炭素を通じると、炭酸水素カルシウムの沈殿が生じる。

- 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

[2] ある金属(モル質量  $M$  (g/mol))の結晶構造は、右図のような面心立方格子である。この結晶の密度が  $d$  (g/cm<sup>3</sup>)、単位格子の一辺の長さが  $l$  (cm)であるとき、アボガド定数( $N_A$ )を表す式はどれか。

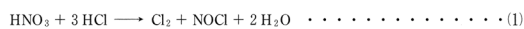


- ①  $\frac{2M}{dl^3}$     ②  $\frac{dl^3}{2M}$     ③  $\frac{M}{2dl^3}$     ④  $\frac{2dl^3}{M}$   
⑤  $\frac{4M}{dl^3}$     ⑥  $\frac{dl^3}{4M}$     ⑦  $\frac{M}{4dl^3}$     ⑧  $\frac{4dl^3}{M}$

[3] エタンとグラファイトをそれぞれ完全燃焼させたところ、発生した熱量は等しかった。このとき、エタンの燃焼で発生した二酸化炭素の物質量は、グラファイトの燃焼で発生した二酸化炭素の物質量の何倍か。最も近いものを選べ。ただし、水(液体)、二酸化炭素、エタンの生成熱を、それぞれ 286 kJ/mol、394 kJ/mol、84 kJ/mol とする。

- ① 0.31    ② 0.50    ③ 0.62    ④ 1.0  
⑤ 1.6    ⑥ 2.0    ⑦ 3.2    ⑧ 4.0

[4] 金は、硝酸や熱濃硫酸には溶けないが、濃硝酸と濃塩酸を1:3の体積比で混合した溶液である王水には溶ける。王水の中では、硝酸と塩酸の一部が(1)式のように反応し、塩素と塩化ニトロシル NOCl (O=N-Cl) が生じている。塩化ニトロシル中の塩素原子の酸化数は-1である。



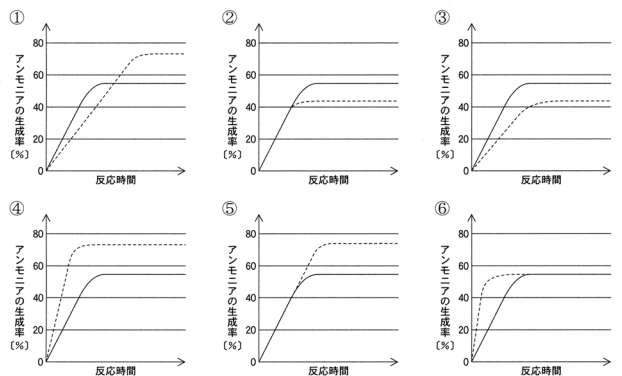
王水に金を浸すと、金は(2)式のように塩化物イオンを配位子とする錯イオンを形成して溶ける。



(2)式で酸化剤として働く物質はどれか。

- ① Auのみ    ② NOClのみ    ③ Cl<sub>2</sub>のみ    ④ HClのみ  
⑤ AuとNOCl    ⑥ AuとCl<sub>2</sub>    ⑦ AuとHCl    ⑧ NOClとCl<sub>2</sub>  
⑨ NOClとHCl    ⑩ Cl<sub>2</sub>とHCl

[5] 窒素と水素からアンモニアが生成する反応は可逆反応である。触媒を加えずに、一定圧力、一定温度で窒素と水素を反応させると、アンモニアの生成率(%)は反応時間とともに図中の実線のように変化した。触媒を加え、他の条件を同じにして窒素と水素を反応させたときのアンモニアの生成率と反応時間の関係を破線で表した図はどれか。



[6] 次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。

- デンプン 2.0 g を水 1 L に溶かした水溶液の 60 °C での浸透圧は、同じ水溶液の 20 °C での浸透圧より小さい。
- デンプン水溶液の入ったセロハン膜の袋を水に浸し放置すると、袋の中の水溶液の体積は増加する。
- 0.10 mol/kg グルコース水溶液の凝固点は、0.20 mol/kg グルコース水溶液の凝固点より低い。
- 0.10 mol/kg グルコース水溶液の沸点は、0.10 mol/kg スクロース水溶液の沸点より低い。
- 0.10 mol/kg 塩化カルシウム水溶液の 90 °C での蒸気圧は、0.10 mol/kg 硝酸カリウム水溶液の 90 °C での蒸気圧より低い。

- 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

[7] 炭素数が3である有機化合物に関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。

- プロペン(プロピレン)1分子には、臭素2分子が付加する。
- プロピンの3つの炭素原子は、一直線上にない。
- 1-プロパノールとエチルメチルエーテルは、互いに構造異性体である。
- 2-プロパノールとアセトンとは、いずれもヨードホルム反応を呈する。
- 1-プロパノールと2-プロパノールをそれぞれ酸化剤で酸化して得られる化合物は、いずれも銀鏡反応を呈する。

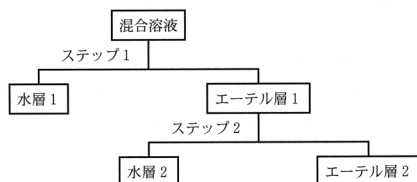
- ① a, b    ② a, c    ③ a, d    ④ a, e    ⑤ b, c  
⑥ b, d    ⑦ b, e    ⑧ c, d    ⑨ c, e    ⑩ d, e

[8] アニリン、安息香酸、*p*-キシレン、フェノールをジエチルエーテルに溶解した混合溶液がある。下図のステップ1およびステップ2において、下記の操作(ア)あるいは(イ)を行うと、各化合物を水層あるいはエーテル層に分離することができる。方法Aでは、ステップ1で操作(ア)を行い、ステップ2で操作(イ)を行う。方法Bでは、逆に、ステップ1で操作(イ)を行い、ステップ2で操作(ア)を行う。次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。

8

操 作

- (ア) 希塩酸と振り混ぜ、水層とエーテル層を分離する。
- (イ) 炭酸水素ナトリウム水溶液と振り混ぜ、水層とエーテル層を分離する。



- a. 方法Aでも方法Bでも、分液漏斗で混合溶液をよく振り静置すると、上層は水層、下層はエーテル層となる。
  - b. 方法Aでは、アニリンは水層1に、安息香酸は水層2に抽出される。
  - c. 方法Bでは、フェノールは水層1に、アニリンは水層2に抽出される。
  - d. 方法Aでも方法Bでも、アニリンは水層1または水層2のいずれかに抽出される。水層からアニリンを遊離させるには、水酸化ナトリウム水溶液を加えるときよい。
  - e. 方法Aでも方法Bでも、*p*-キシレンはエーテル層に残る。このエーテル層から*p*-キシレンを分離するには、エーテル層を濃縮し、水中で冷却するときよい。
- 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

[II] 次の[1]～[3]の間に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 物質の溶解に関する次の記述のうちから、誤っているものを2つ選べ。 9

- a. 硫酸銅(II) CuSO<sub>4</sub>の飽和水溶液に硫酸銅(II)無水塩を加えると、硫酸銅(II)五水和物 CuSO<sub>4</sub>・5H<sub>2</sub>Oの結晶が生じる。
  - b. 硫酸銅(II)の水への溶解度は、希硫酸への溶解度より大きい。
  - c. イオン結晶はベンゼンのような無極性分子の溶媒には溶けにくい。
  - d. グルコースが水に溶けやすいのは、水溶液中で電離するからである。
  - e. 溶解にともなって吸熱する物質の溶解度は、温度を上げると減少する。
- 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

[2] ある固体の純物質のモル質量を  $M$  [g/mol]、水に対する溶解度を  $x$ 、飽和水溶液の密度を  $d$  [g/cm<sup>3</sup>] とすると、この純物質の飽和水溶液のモル濃度 [mol/L] を表す式はどれか。なお、固体の水に対する溶解度は、水 100 g に溶ける溶質の質量 [g] の最大値で表すものとする。 10

- ①  $\frac{10x}{dM}$     ②  $\frac{10dx}{M}$     ③  $\frac{1000x}{(100+x)dM}$   
 ④  $\frac{1000dx}{(100+x)M}$     ⑤  $\frac{1000(100+x)}{dxM}$     ⑥  $\frac{1000d(100+x)}{xM}$

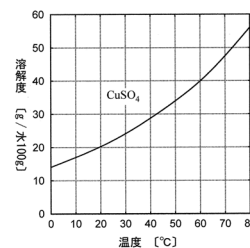
[3] 水 100 g に硫酸銅(II)五水和物 45.0 g を溶かした 80℃ の溶液 A がある。この溶液 A に関する(1)～(3)の間に答えよ。ただし、硫酸銅(II)無水塩の式量を 160、水の分子量を 18.0 とする。また、80℃での硫酸銅(II)の溶解度を 56.0 とする。

- (1) 80℃で、溶液 A には硫酸銅(II)無水塩をさらに何 g まで溶かすことができるか。最も近い値を選べ。 11
- ① 11.0    ② 25.1    ③ 36.2    ④ 43.3  
 ⑤ 52.4    ⑥ 56.0    ⑦ 65.1    ⑧ 82.7
- (2) 溶液 A の温度を 80℃ に保ったまま水を蒸発させていくと、溶液の質量が何 g になったときに飽和水溶液となるか。最も近い値を選べ。 12
- ① 19.6    ② 35.5    ③ 51.4    ④ 64.8  
 ⑤ 80.2    ⑥ 95.3    ⑦  $1.10 \times 10^2$     ⑧  $1.25 \times 10^2$

(3) 80℃の溶液 A を冷やしていくと、溶液の温度が何℃になったときに飽和水溶液となるか。右図の硫酸銅(II)の溶解度曲線と、下表の各温度における溶解度を参考にして、最も近い温度を選べ。 13

温度[℃]	0	10	20	30	40	50	60
溶解度 [g/水 100 g]	14.0	17.0	20.2	24.1	28.7	33.9	39.9

- ① 10    ② 20    ③ 30    ④ 40    ⑤ 50    ⑥ 60



[III] 次の[1]～[4]の間に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 鉄に希硫酸を加えると、水素を発生しながら溶け、鉄(II)イオンを含む(ア)色の水溶液が得られる。鉄(II)イオンは空気中の酸素によって徐々に酸化されて鉄(III)イオンになるため、水溶液の色は(イ)色に変化していく。鉄(III)イオンを含む(イ)色の水溶液にチオシアン酸カリウム KSCN 水溶液を加えると、(ウ)色の溶液になる。空欄(ア)～(ウ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。 14

① 淡緑、黄褐、血赤    ② 淡緑、黄褐、褐    ③ 淡緑、黄褐、濃青  
 ④ 黄褐、淡緑、血赤    ⑤ 黄褐、淡緑、褐    ⑥ 黄褐、淡緑、濃青

[2] 硫酸鉄(II)七水和物(式量 278) 5.56 g を水に溶かして 100 mL とした水溶液を、しばらく空气中に放置した。放置後の水溶液中の鉄(II)イオンの濃度を調べるために、その水溶液 10.0 mL を硫酸酸性の 0.0200 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、17.0 mL で終点に達した。硫酸鉄(II)七水和物を水に溶かしてから滴定開始までの間に、何%の鉄(II)イオンが空気中の酸素により酸化されて鉄(III)イオンになったか。ただし、水の蒸発による水溶液の体積変化はないものとし、滴定操作中の酸素による酸化は無視できるものとする。 15

① 1.50    ② 3.00    ③ 5.00    ④ 15.0  
 ⑤ 30.0    ⑥ 50.0    ⑦ 70.0    ⑧ 85.0

[3] 濃硫酸は、二硫化鉄 FeS<sub>2</sub> を原料として製造することができる。98% の濃硫酸が 10 kg 製造されたとき、何 kg の二硫化鉄が使われたか。ただし、二硫化鉄の硫黄はすべて硫酸の生成に使われたものとする。また、硫酸の分子量を 98、二硫化鉄の式量を 120 とする。 16

① 1.5    ② 3.0    ③ 6.0    ④ 12  
 ⑤ 15    ⑥ 30    ⑦ 60    ⑧  $1.2 \times 10^2$

[4] 硫化鉄(II)に希硫酸を加えると、強い還元性をもつ気体が発生する。この気体を集めて乾燥させるのに適切な捕集法と乾燥剤が順に並んでいるものはどれか。 17

① 上方置換、ソーダ石灰    ② 上方置換、濃硫酸    ③ 上方置換、十酸化四リン  
 ④ 下方置換、ソーダ石灰    ⑤ 下方置換、濃硫酸    ⑥ 下方置換、十酸化四リン

[IV] 次の文章を読み、[1]～[4]の間に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

アンモニア水溶液中では、アンモニアの一部が水と反応し、次式の電離平衡が成立している。



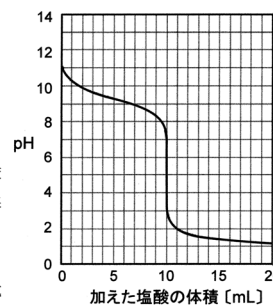
アンモニアの電離定数  $K_b$  は次式で表される。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \cdots \cdots (2)$$

ここで、記号[ ]はモル濃度を示す。

右図は、25℃で 0.20 mol/L アンモニア水溶液 10 mL を 0.20 mol/L 塩酸で滴定したときの滴定曲線であり、いくつかの測定点での結果を下表に示した。

なお、水溶液の温度は常に 25℃ に保たれ、水のイオン積  $K_w$  は  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、アンモニアの電離度は 1 よりも十分小さいものとする。



加えた塩酸の体積 [mL]	0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
水溶液の pH	11.3	9.8	9.3	8.8	5.1	1.7	1.4

- [1] この滴定に適した pH 指示薬と、中和点の前後における水溶液の色の変化について、正しい組み合わせはどれか。 18
- ① メチルレッド、黄色から赤色    ② メチルレッド、赤色から無色  
 ③ メチルオレンジ、赤色から黄色    ④ メチルオレンジ、黄色から無色  
 ⑤ フェノールフタレイン、赤色から無色    ⑥ フェノールフタレイン、無色から赤色

[2] 次の関係式のうちから、この滴定の中和点において成り立つものをすべて選べ。

19

- a.  $[H^+] = [OH^-]$
- b.  $[NH_4^+] = [OH^-]$
- c.  $[NH_3] + [NH_4^+] = [Cl^-]$
- d.  $[NH_4^+] + [H^+] = [Cl^-] + [OH^-]$

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

[3] 0.20 mol/L アンモニア水溶液におけるアンモニアの電離度はいくらか。

20

- ①  $5.0 \times 10^{-2.7}$       ②  $2.0 \times 10^{-3.7}$       ③  $5.0 \times 10^{-5.1}$
- ④  $5.0 \times 10^{-8.9}$       ⑤  $5.0 \times 10^{-11.3}$       ⑥  $2.0 \times 10^{-12.3}$

[4] ②式より、アンモニアのモル濃度とアンモニウムイオンのモル濃度が等しいとき、水酸化物イオンのモル濃度はアンモニアの電離定数  $K_b$  の値と等しくなる。この中和滴定において、その条件が成り立つのは塩酸を (ア) mL 加えたときであり、そのときの水溶液の pH からアンモニアの電離定数は (イ) mol/L と求められる。空欄 (ア), (イ) に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。

21

- ①  $2.5 \cdot 10^{-4.2}$       ②  $2.5 \cdot 10^{-9.8}$       ③  $5.0 \cdot 10^{-4.7}$       ④  $5.0 \cdot 10^{-9.3}$
- ⑤  $7.5 \cdot 10^{-5.2}$       ⑥  $7.5 \cdot 10^{-8.8}$       ⑦  $10.0 \cdot 10^{-5.9}$       ⑧  $10.0 \cdot 10^{-5.1}$
- ⑨  $15.0 \cdot 10^{-1.4}$       ⑩  $15.0 \cdot 10^{-12.6}$

[V] 次の[1], [2]の問に答えよ。答は各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 次の文章を読み、(1)~(3)の問に答えよ。

$\alpha$ -アミノ酸は、同一の炭素原子にアミノ基とカルボキシル(カルボキシ)基が結合しており、一般式は  $R-CH(NH_2)COOH$  と表される。R-は側鎖とよばれ、表1に示すように、 $\alpha$ -アミノ酸の種類によって異なった構造をしている。表1には、それぞれのアミノ酸の等電点も示す。アミノ酸の分子間で、アミノ基とカルボキシル基が脱水縮合してつくられるペプチド(アミド)結合でつながった化合物は、ペプチドと総称され、アミノ基が残る側をN末端、カルボキシル基が残る側をC末端とよぶ。ペプチドの構成(アミノ酸配列)は、アミノ酸をN末端から順番に略号(表1参照)でつないで示される。

強い平滑筋収縮作用を示すブラジキニンや抗利尿作用を示すバソプレッシンは、9個の $\alpha$ -アミノ酸がつながったペプチドである。これらのアミノ酸配列を次に示す。バソプレッシンのC末端はカルボキシル基ではなく、アミド(-CONH<sub>2</sub>)になっている。

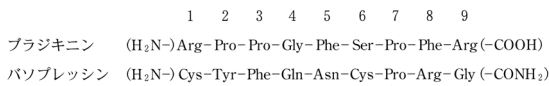



表1 種々の $\alpha$ -アミノ酸

名称	略号	R-	等電点
アスパラギン	Asn	H <sub>2</sub> N-CO-CH <sub>2</sub> -	5.41
アスパラギン酸	Asp	HOOC-CH <sub>2</sub> -	2.77
アルギニン	Arg	HN=C(NH <sub>2</sub> )-NH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -	10.76
グリシン	Gly	H-	5.97
グルタミン	Gln	H <sub>2</sub> N-CO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	5.65
グルタミン酸	Glu	HOOC-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	3.22
システイン	Cys	HS-CH <sub>2</sub> -	5.07
セリン	Ser	HO-CH <sub>2</sub> -	5.68
チロシン	Tyr	HO-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> -CH <sub>2</sub> -	5.66
フェニルアラニン	Phe	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH <sub>2</sub> -	5.48
プロリン	Pro	 がR-	6.30

表中のR-は $\alpha$ -アミノ酸をR-CH(NH<sub>2</sub>)COOHと表したときの側鎖である。

(1) ブラジキニン水溶液とバソプレッシン水溶液に関する次の記述のうちから、正しいものをすべて選べ。

22

- a. 両水溶液とも、ニンヒドリン反応によって呈色する。
- b. 両水溶液とも、キサントプロテイン反応によって呈色する。
- c. ブラジキニン水溶液のみ、塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色する。
- d. バソプレッシン水溶液のみ、ビウレット反応によって呈色する。

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

(2) ブラジキニンとバソプレッシンをそれぞれ6 mol/L塩酸に溶解し加熱すると、すべてのペプチド結合は加水分解され、 $\alpha$ -アミノ酸の混合物となる。このとき、GlnはGluに、AsnはAspに、また、バソプレッシンのC末端のアミドはカルボキシル基に変化する。ブラジキニンとバソプレッシンの加水分解で得られたアミノ酸混合物をそれぞれ試料A、試料Bとする。次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。

23

- a. 両試料ともpHを6にすると、両試料とも2価の陽イオンの状態にある $\alpha$ -アミノ酸を含む。
- b. 試料AのpHを1にすると、1価の陽イオンの状態にある $\alpha$ -アミノ酸のみを含む。
- c. 試料BのpHを1にすると、2価の陽イオンの状態にある $\alpha$ -アミノ酸を含む。
- d. 試料AのpHを13にすると、1価の陽イオンの状態にある $\alpha$ -アミノ酸のみを含む。
- e. 試料BのpHを13にすると、2価の陽イオンの状態にある $\alpha$ -アミノ酸を含む。

- 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

(3) タンパク質はそれぞれ固有の立体構造を保ち、それぞれの機能を発揮している。その立体構造のうち、特徴的ならせん構造( $\alpha$ -ヘリックス)と板状構造( $\beta$ -シート)を、タンパク質の(ア)構造といい、その構造を安定化している結合は、主にペプチド結合部分にあるC=OのO原子と別のペプチド結合部分のN-HのH原子との間にある(イ)結合である。

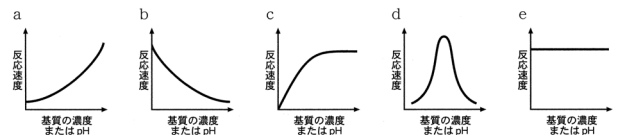
一方、このような(ア)構造がないブラジキニンやバソプレッシンなども一定の立体構造を保って機能を発揮している。たとえば、バソプレッシンの1番目と6番目のアミノ酸(システイン)の側鎖を分子内で結びつけている(ウ)結合も、ペプチドの立体構造を形づくるのに重要な結合である。空欄(ア)~(ウ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。

24

- ① 一次、水素、エステル      ② 一次、水素、ジスルフィド
- ③ 一次、イオン、エステル      ④ 一次、イオン、ジスルフィド
- ⑤ 二次、水素、エステル      ⑥ 二次、水素、ジスルフィド
- ⑦ 二次、イオン、エステル      ⑧ 二次、イオン、ジスルフィド

[2] 酵素反応は、特定の構造をもつ物質(基質)が酵素の活性部位に結合(酵素-基質複合体の形成)し進行する。たとえば、タンパク質加水分解酵素であるトリプシンの活性部位には、基質であるタンパク質のペプチド結合が立体的にちょうどうまく結合し、その基質の加水分解が進行する。そのため、トリプシンの基質の濃度を変化させると、反応速度は図(ア)のように変化する。また、pHを変化させると、トリプシンと基質との結合が影響を受けるので、反応速度は図(イ)のように変化する。空欄(ア), (イ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。

25



- 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