

理 科

2020 年度（令和 2 年度）

入 学 試 験 問 題

受 験 番 号	
---------	--

1. 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) この問題冊子は 49 ページあります。
物 理 1 ページから 12 ページまで
化 学 13 ページから 28 ページまで
生 物 29 ページから 49 ページまで
試験中に、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れなどに気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (3) 問題冊子の表紙の受験番号欄に受験番号を記入してください。
- (4) 解答用紙は 2 枚あります。解答用紙には、氏名、受験番号の記入欄、および受験番号と選択科目のマーク欄があります。それぞれに正しく記入し、マークしてください。
- (5) 問題冊子のどのページも切り離してはいけません。問題冊子の余白は計算用紙として使用してもかまいません。
- (6) 計算機能や辞書機能、通信機能などをもつ機器等の使用は禁止します。使用している場合は不正行為とみなします。
- (7) 試験終了後、解答用紙はもちろん、問題冊子も持ち帰ってはいけません。

2. 解答上の注意

解答上の注意は、裏表紙にも記載してあるので、この問題冊子を裏返して必ず読んでください。ただし、問題冊子を開いてはいけません。また、解答用紙の左下に記載してある「注意事項」も読んでください。

- (1) 問題は物理、化学、生物の 3 科目あります。任意の 2 科目を選んで解答してください。なお、2 科目とも解答することが必須です。

裏表紙につづく

化 学

計算に必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量：H 1, C 12, N 14, O 16, F 19, Na 23, Mg 24, Al 27,
Si 28, P 31, S 32, Cl 35.5, Ar 40, K 39, Ca 40, Cr 52,
Mn 55, Fe 56, Cu 64, Zn 65, Br 80, Ag 108, I 127

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

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

水のイオン積(25℃)： $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 7 = 0.85$

1 各問いに答えよ。

(1) 下の①～⑦の元素記号で表される原子のうち、1)、2)に当てはまるものはどれか。それぞれ一つずつ選べ。

1) 2個の対電子をもつ：**ア**

2) 電子配置が安定で、反応性が低い：**イ**

① B

② C

③ N

④ O

⑤ F

⑥ Ne

⑦ Na

- (2) 2018年11月に開かれた国際度量衡総会で、質量や物質量などの国際単位系の基本単位の定義改定が審議・採択され、改定された国際単位系が2019年5月20日に発効した。

これに伴って、日本国内でも計量単位令で定められたいくつかの基本単位の定義が変更された。物質量の単位モルは、次のように変わっている。

改定前

0.012 キログラムの炭素 ^{12}C の中に存在する原子の数と等しい数の要素粒子又は要素粒子の集合体(組成が明確にされたものに限る。)で構成された系の物質量

改定後

$6.02214076 \times 10^{23}$ の要素粒子又は要素粒子の集合体(組成が明確にされたものに限る。)で構成された系の物質量

改定前の定義や現在の定義に関する記述として正しいものをすべて選び、ウ にすべてマークせよ。

- ① 改定前の定義では、1 mol の ^{12}C に含まれる原子の数は測定精度が上がると変化する可能性があった。
- ② 改定後の定義では、1 mol の ^{12}C に含まれる原子の数は測定精度が上がっても変化しない。
- ③ 正確に 6×10^{23} 個の二酸化炭素分子に含まれる酸素原子の個数は、定義の改定前後でわずかに違いが生じる。

- (3) 「パーセント濃度」には利用場面によって複数の表し方のものが使われており、質量パーセント濃度、容量パーセント濃度などがある。

溶質 m [g] を、水 M [g] に溶かしてつくった溶液における溶質の質量パーセント濃度 (%) は次式で表される。

$$\frac{m}{M+m} \times 100$$

液体の溶質 v [mL] を水に溶かし、全体の体積を V [mL] にした溶液における溶質の容量パーセント濃度 (%) は次式で表される。

$$\frac{v}{V} \times 100$$

容量パーセント濃度が c % のエタノール水溶液の質量パーセント濃度を表す式を一つ選べ。ただし、純粋なエタノールの密度を a [g/cm³]、 c % のエタノール水溶液の密度を b [g/cm³] とする。なお、液体の温度は変化しないものとする。 **エ** %

① $\frac{ac}{b}$

② $\frac{ac}{10b}$

③ $\frac{ac}{100b}$

④ $\frac{bc}{a}$

⑤ $\frac{bc}{10a}$

⑥ $\frac{bc}{100a}$

- (4) pH 8 の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を 1000 倍に希釈した水溶液の pH はいくらか。最も近いものを一つ選べ。 **オ**

① 4

② 5

③ 6

④ 7

⑤ 8

⑥ 9

⑦ 10

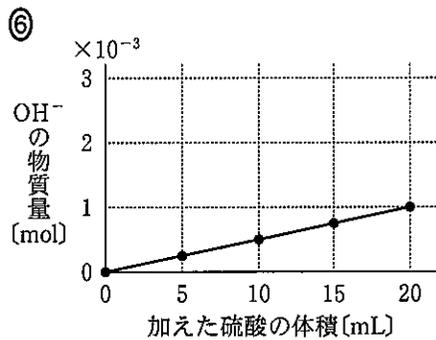
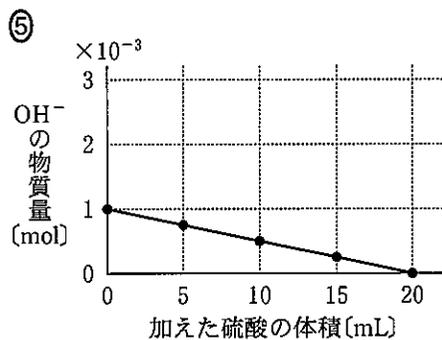
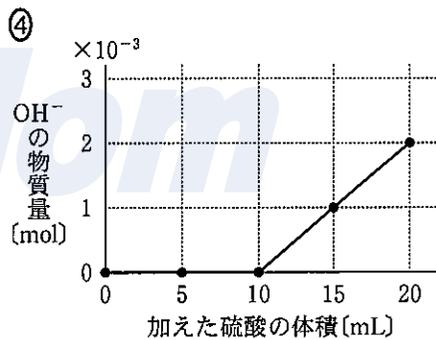
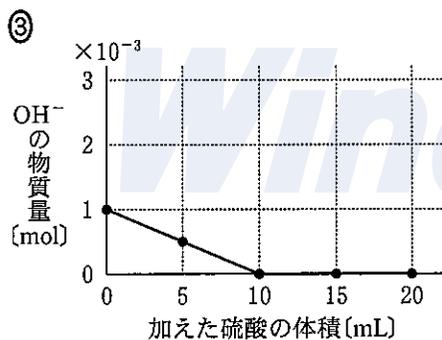
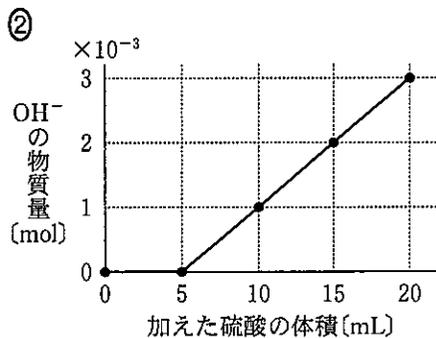
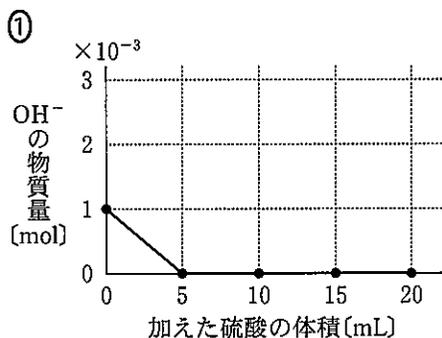
⑧ 11

⑨ 12

- (5) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶を溶解し、正確に 0.100 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液 500 mL を調製したい。「用いるガラス器具」と「操作」の組合せで正しいものはどれか。一つ選べ。 カ

	用いるガラス器具	操 作
①	メスシリンダー	結晶 12.5 g を蒸留水に溶かして全体の体積を 500 mL とする。
②	メスシリンダー	結晶 12.5 g を蒸留水 500 mL に溶かす。
③	メスシリンダー	結晶 25.0 g を蒸留水に溶かして全体の体積を 500 mL とする。
④	メスシリンダー	結晶 25.0 g を蒸留水 500 mL に溶かす。
⑤	メスフラスコ	結晶 12.5 g を蒸留水に溶かして全体の体積を 500 mL とする。
⑥	メスフラスコ	結晶 12.5 g を蒸留水 500 mL に溶かす。
⑦	メスフラスコ	結晶 25.0 g を蒸留水に溶かして全体の体積を 500 mL とする。
⑧	メスフラスコ	結晶 25.0 g を蒸留水 500 mL に溶かす。

- (6) 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 10.0 mL に、0.10 mol/L 硫酸 H_2SO_4 を 5.0 mL ずつ 20.0 mL まで加えた。溶液に含まれる水酸化物イオン OH^- の物質量的変化を表したものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。 **キ**



(7) 次の電子 e^- を含むイオン反応式のうち、下線を引いた原子の酸化数の変化が最も大きいのはどれか。一つ選べ。 ク

- ① $\underline{\text{Fe}}^{2+} \longrightarrow \underline{\text{Fe}}^{3+} + e^-$
 ② $\text{H}_2\underline{\text{C}}_2\underline{\text{O}}_4 \longrightarrow 2\underline{\text{C}}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^-$
 ③ $\underline{\text{Mn}}\text{O}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- \longrightarrow \underline{\text{Mn}}\text{O}_2 + 4\text{OH}^-$
 ④ $\underline{\text{S}}\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \longrightarrow \underline{\text{S}} + 2\text{H}_2\text{O}$
 ⑤ $\underline{\text{Cr}}_2\underline{\text{O}}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e^- \longrightarrow 2\underline{\text{Cr}}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$

(8) 金属 **a**, **b**, **c** は鉄, 銅, ニッケルのいずれかである。次の記述から金属 **a**, **b**, **c** はそれぞれ何と考えられるか。正しい組合せを一つ選べ。 ケ

金属 **a** : 常温の水とは反応しないが, 高温の水蒸気とは反応する。希塩酸に溶ける。

金属 **b** : 常温の水とも, 高温の水蒸気とも反応しない。希塩酸に溶ける。

金属 **c** : 常温の水とも, 高温の水蒸気とも反応しない。希塩酸には溶けないが, 希硝酸には溶ける。

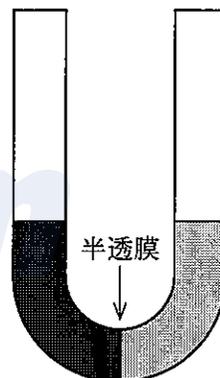
	a	b	c
①	鉄	銅	ニッケル
②	鉄	ニッケル	銅
③	銅	鉄	ニッケル
④	銅	ニッケル	鉄
⑤	ニッケル	鉄	銅
⑥	ニッケル	銅	鉄

2 各問いに答えよ。

- (1) ある不揮発性の非電解質 a [g] を, w [g] の純水に溶かした水溶液がある。
 この水溶液の沸点は, 純水の沸点よりも Δt [K] 高い。不揮発性の非電解質の分子量を表す式はどれか。一つ選べ。ただし, 水のモル沸点上昇は K_b [K \cdot kg/mol] とする。 ア

- ① $\frac{1000 a K_b}{w \Delta t}$ ② $\frac{1000 a \Delta t}{w K_b}$ ③ $\frac{1000 K_b}{a w \Delta t}$
 ④ $\frac{1000 w K_b}{a \Delta t}$ ⑤ $\frac{1000 w \Delta t}{a K_b}$ ⑥ $\frac{1000 \Delta t}{a w K_b}$

- (2) 図のように, U字管の中央を半透膜で仕切り, 片方には質量パーセント濃度で 15 % のグルコース水溶液を入れ, もう片方には同体積の純水を入れた。また, 水面の最初の位置を U 字管の外壁に記録した。



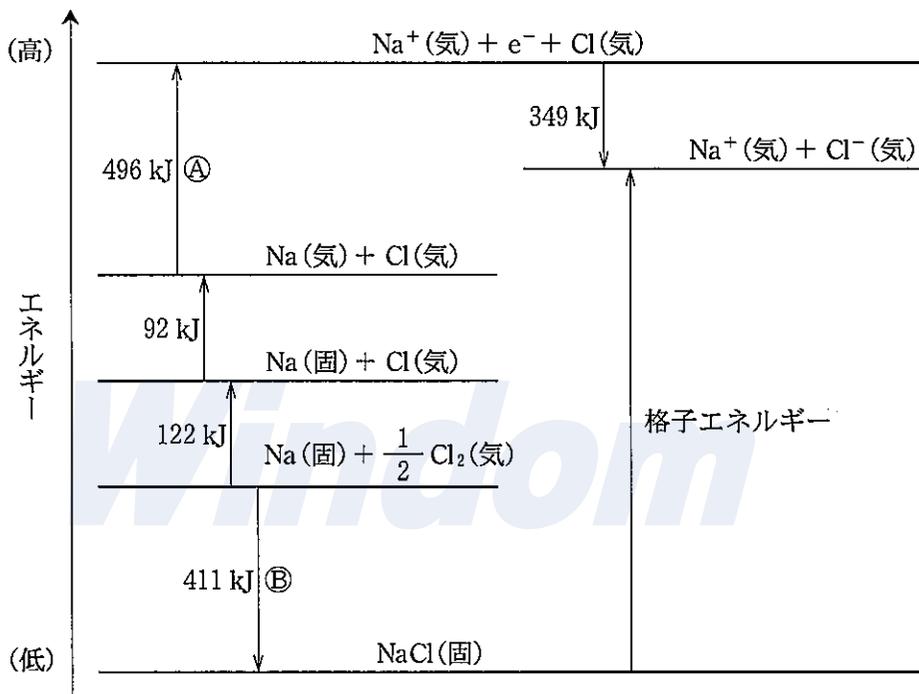
数時間後にこの U 字管を観察すると, どのようになっているか。①~⑤の中から正しいものを一つ選べ。

なお, この半透膜は水分子のみを通すものとする。 イ

- ① グルコース水溶液側の水面が上昇し, 純水側の水面が下降した。
 ② グルコース水溶液側の水面は上昇したが, 純水側の水面の高さには変化はなかった。
 ③ いずれの水面の高さにも変化は見られなかった。
 ④ グルコース水溶液側の水面の高さには変化はなかったが, 純水側の水面が下降した。
 ⑤ グルコース水溶液側の水面が下降し, 純水側の水面が上昇した。

(3) 次の文章を読み、問いに答えよ。

結晶を気体状の原子やイオン、分子に分けるために必要なエネルギーを格子エネルギーという。下のエネルギー図は、塩化ナトリウム NaCl の格子エネルギーに関するものである。



1) 図中の④と⑤はそれぞれ何を表しているか。一つずつ選べ。

④ : ⑤ :

- ① Na(固)の昇華熱
- ② NaCl(固)の生成熱
- ③ Na(気)のイオン化エネルギー
- ④ Cl(気)の電子親和力
- ⑤ Cl₂(気)の結合エネルギーの $\frac{1}{2}$ 倍

2) NaCl の格子エネルギーは何 kJ/mol か。 ~ に数字を入れ、整数値で答えよ。 kJ/mol

(4) ナトリウムを含む次の化合物のうち、1)、2)に当てはまるものはそれぞれ何種類あるか。

塩化ナトリウム

水酸化ナトリウム

硝酸ナトリウム

硫酸ナトリウム

硫酸水素ナトリウム

酢酸ナトリウム

炭酸ナトリウム

炭酸水素ナトリウム

1) 水溶液が塩基性を示す

ケ 種類

2) 正塩

コ 種類

(5) 次のうち、正しい文はどれか。一つ選べ。 サ

- ① 銅の電解精錬を行うとき、粗銅は陰極側に取り付ける。
- ② 青銅、黄銅、白銅は、いずれも銅の同素体である。
- ③ 硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶は青色である。
- ④ 銅は典型元素である。
- ⑤ 銅は赤色の炎色反応を示す。

(6) 次の水溶液①～⑤のうちから、水溶液 A, B に当てはまるものをそれぞれ一つずつ選べ。

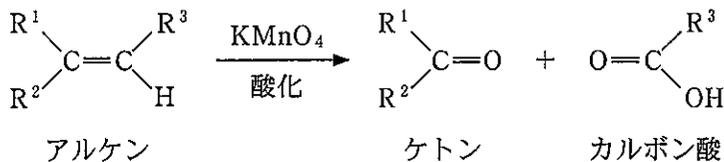
- ① 硝酸亜鉛水溶液
- ② 硝酸アルミニウム水溶液
- ③ 硝酸カリウム水溶液
- ④ 硝酸銀水溶液
- ⑤ 硝酸銅(Ⅱ)水溶液

1) 水溶液 A にアンモニア水を少量加えると沈殿を生じ、過剰に加えると無色の溶液になる。また、水溶液 A に水酸化ナトリウム水溶液を少量加えると沈殿を生じ、過剰に加えても沈殿は溶けない。

2) 水溶液 B に水酸化ナトリウム水溶液を少量加えると沈殿を生じ、過剰に加えると無色の溶液になる。また、水溶液 B にアンモニア水を少量加えると沈殿を生じ、過剰に加えても沈殿は溶けない。

3 各問いに答えよ。

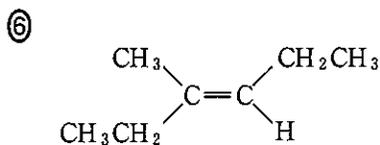
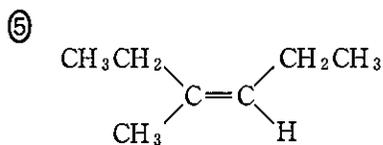
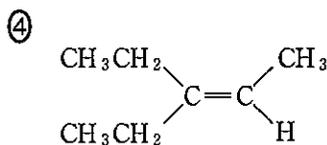
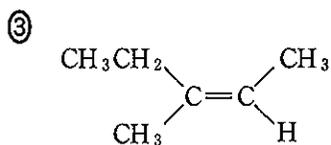
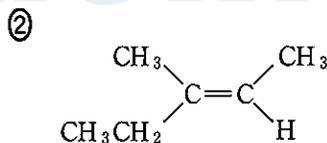
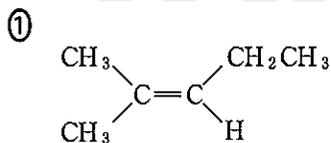
(1) アルケンに、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液を加えて加熱すると、二重結合が切断され、ケトンやカルボン酸を生じる(図1)。



R^1 -, R^2 -, R^3 - は炭化水素基を示す

図1

あるアルケンを酸化すると、エチルメチルケトン $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$ と酢酸 CH_3COOH が生成した。もとのアルケンとして考えられるものをすべて選び、**ア** にすべてマークせよ。



(2) 次の文章はアセチレンの反応について述べている。文章中の **イ** ~ **エ** に当てはまる化合物をそれぞれ①~⑩の中から一つずつ選べ。

硫酸水銀(Ⅱ)を触媒としてアセチレンに水を付加させると、還元性をもつ **イ** が得られる。

適当な触媒を用いて、アセチレンに酢酸を付加させると **ウ** が得られる。
ウ は合成樹脂や合成繊維の原料になる。

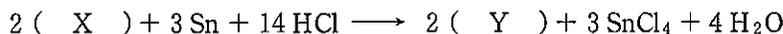
アセチレンを約 500℃ に加熱した鉄管に通すと、 **エ** が得られる。

- | | | |
|---|--|--------------------------------------|
| ① $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ | ② CH_3CHO | ③ CH_3COOH |
| ④ $\text{CH}_2=\text{CHOH}$ | ⑤ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ | ⑥ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ |
| ⑦ $\text{CH}_2=\text{CHOCOCH}_3$ | ⑧ $\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3$ | ⑨ C_6H_6 |
| ⑩ $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$ | | |

Windom

(3) 次の文章を読み、問いに答えよ。

ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を加えて加熱すると、化合物 X が生成する。さらに、X に塩酸酸性下でスズを作用させると、化合物 Y が得られる。X から Y が得られる反応は次式で表される。



この反応では、X が されて Y が生成する。

1) 化合物 Y に当てはまるものは何か。一つ選べ。 オ

- ① アニリン
- ② アニリン塩酸塩
- ③ トルエン
- ④ ニトロベンゼン
- ⑤ フェノール
- ⑥ フタル酸

2) 文中の に最も適する語を一つ選べ。 カ

- ① 酸化
- ② 還元
- ③ ニトロ化
- ④ スルホン化

(4) 次の文章を読み、問いに答えよ。

ヒトは、アミラーゼやリパーゼといったいくつかの消化酵素をもっている。アミラーゼは、デンプンなどの分子量の大きい多糖を、デキストリンなど分子量のより小さい多糖に分解する反応に対して触媒としてはたらく。リパーゼは、脂肪酸とグリセリンからなる油脂を加水分解する反応に対して触媒としてはたらく。アミラーゼが油脂の分解に、リパーゼが多糖類の分解に触媒としてはたらくことはない。

これらの酵素はタンパク質の一種であり、高次構造すなわち三次元的で複雑な構造をとることで、触媒としての能力を獲得する。

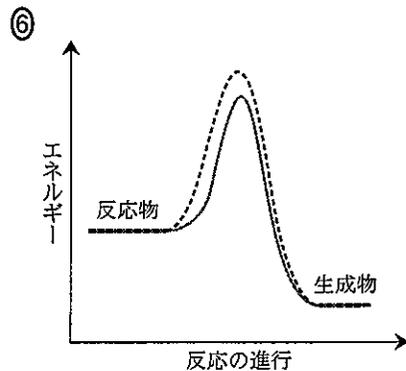
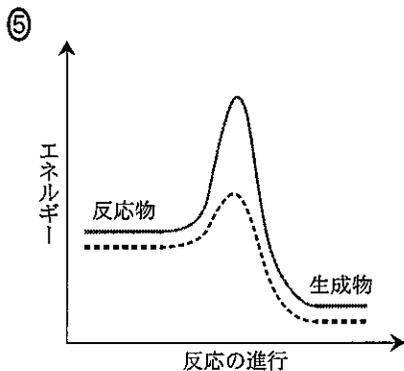
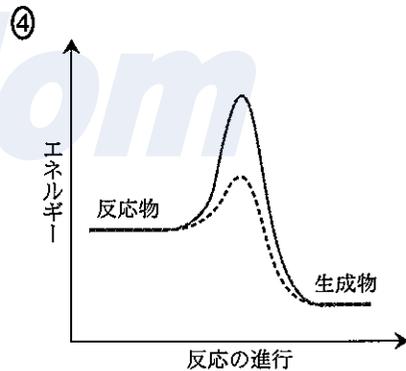
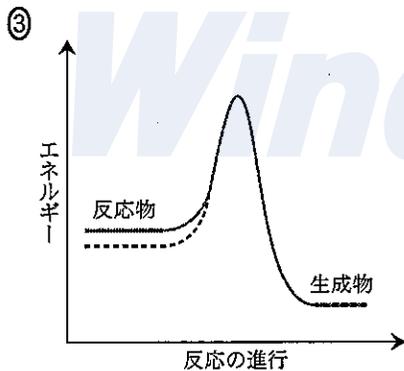
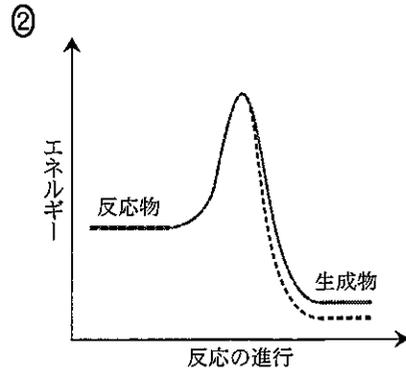
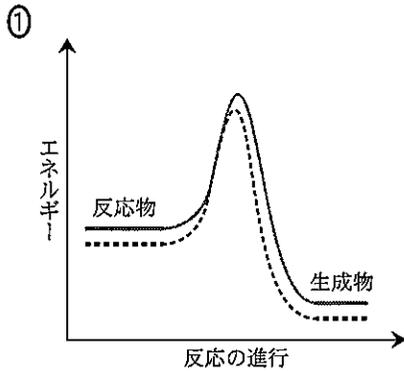
酵素を構成するタンパク質には側鎖にカルボキシ基 $-COOH$ をもつグルタミン酸やアスパラギン酸、アミノ基 $-NH_2$ をもつリシンやアルギニンなどの α -アミノ酸が含まれている。カルボキシ基やアミノ基は周囲の pH の影響を受け、pH 7 付近では $-COOH$ の多くは $-COO^-$ となり、 $-NH_2$ の多くは $-NH_3^+$ となる。また、周囲の pH が小さくなると、 $-COOH$ と $-NH_3^+$ の存在比率が増え、反対に pH が大きくなると、 $-COO^-$ と $-NH_2$ の存在比率が増える。このようにして、周囲の pH は側鎖の電荷に影響を及ぼし、その影響は側鎖間にはたらくクーロン力にも及ぶ。さらに、クーロン力への影響により、酵素の活性部位付近や全体の構造が変化する。これらの変化は、基質との相互作用にも影響が及ぶため、酵素が最もよくはたらく pH 以外の条件では分解速度の低下が起きる。

また、酵素が高温にさらされると、その構造を維持できなくなり、能力が低下する。二次構造以上の高次構造に関わる水素結合などの弱い相互作用は、熱の影響を受けやすいからである。

1) アミラーゼ、リパーゼが触媒としてはたらく反応で、切断される結合をそれぞれ一つずつ選べ。アミラーゼ： リパーゼ：

- | | | |
|---------|-----------|-----------|
| ① アミド結合 | ② エステル結合 | ③ グリコシド結合 |
| ④ 水素結合 | ⑤ スルフィド結合 | ⑥ イオン結合 |

2) 反応の進行に伴うエネルギーの変化に対する触媒の作用について正しく表したものはどれか。一つ選べ。なお、実線は触媒が存在しない場合のエネルギーの変化を、破線は触媒が存在する場合のエネルギーの変化を表している。 ケ



3) アスパラギン酸の構造式はどれか。一つ選べ。 コ

- ①
$$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$
- ②
$$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$
- ③
$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ || \quad | \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$$
- ④
$$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array}$$
- ⑤
$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ || \quad | \\ \text{NH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$$

4) 次の①～⑤の事柄のうち、本文で述べられていないものはどれか。一つ選べ。 サ

- ① 基質特異性
- ② 熱による変性
- ③ 酵素の最適 pH
- ④ タンパク質の分解
- ⑤ タンパク質の三次構造