

化 学

解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークすること。

例えば、5 と表示のある問題に対して、「①～⑨のうちから3つ選び、一緒にマークせよ。」の場合には、次の例に従う。

例：①と②と⑨と答えたい場合には

解答番号	解 答 欄										
5	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

例えば、6 と表示のある問題に対して、「①～⑨のうちからすべて選び、一緒にマークせよ。」の場合には、次の例に従う。

例：①と③と⑤と⑦と⑨と答えたい場合には

解答番号	解 答 欄										
6	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

例えば、7 8 と表示のある問題に対して、計算等から得られた値をマークする場合には、次の例に従う。

例：38 と答えたい場合には

解答番号	解 答 欄										
7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. 体積の単位リットルはLで表されている。

3. 必要があれば次の値を用いること。

原子量：H = 1.0	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19
Na = 23	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35.5
K = 39	Mn = 55			

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

1 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えよ。

下記の(a)～(d)は、周期表の第2周期および第3周期で14～17族に属している8つの元素ア～クに関する記述である。ただし、水素化合物A～E、オキソ酸F～H、酸化物Iおよび酸化物Jの分子には、それぞれ元素ア～クのうちの原子1個のみが含まれているものとする(酸素原子の個数に制限はない)。

(a) 元素ア～クの同族の組合せは、表1のように4種類あり、[]には25℃、 1.0×10^5 Paにおける各元素の単体の状態(三態のいずれか)を示す。

表1 元素ア～クにおける同族の組合せと単体の状態

元素ア[固体]	と	元素オ[気体]
元素イ[気体]	と	元素カ[気体]
元素ウ[固体]	と	元素キ[固体]
元素エ[気体]	と	元素ク[固体]

- (b) 元素ア、イ、エ、カ、キの水素化合物を、それぞれA、B、C、D、Eとしたとき、AとBは弱酸、Cは弱塩基、Dは強酸である。水素化合物Eは、25℃、 1.0×10^5 Paにおいて気体で、水に溶けにくい。
- (c) 元素ア、エ、クの各原子が最高酸化数であるときのオキソ酸を、それぞれF、G、Hとしたとき、FとGはいずれも強酸で、Hは水に溶解すると中程度の強さの酸性を示す。
- (d) 元素キの酸化物にはIとJがあり、25℃、 1.0×10^5 Paにおいていずれも気体である。分子量を比べると、酸化物IはJよりも大きい。

問1 元素ア～クの元素記号として最も適切なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ1つずつ選べ。

ア

1
5

イ

2
6

ウ

3
7

エ

4
8

① C

② N

③ O

④ F

⑤ Si

⑥ P

⑦ S

⑧ Cl

問 2 水素化合物BとDの2つの化合物の性質を比較したとき、次の(I)~(III)に当てはまるのはどちらか。その組合せとして最も適切なものを、下の①~⑧のうちから1つ選べ。

9

- (I) 沸点が高い。
- (II) 極性が大きい。
- (III) 水中で Ag^+ と反応して沈殿を生じやすい。

	(I)	(II)	(III)
①	B	B	B
②	B	B	D
③	B	D	B
④	B	D	D
⑤	D	B	B
⑥	D	B	D
⑦	D	D	B
⑧	D	D	D

問 3 オキソ酸F~Hに関する記述として正しいものを、次の①~⑤のうちから3つ選び、一緒にマークせよ。

10

- ① FとGはいずれも揮発性である。
- ② Fは1価の酸、Gは2価の酸、Hは3価の酸である。
- ③ スクロースに高濃度のFの水溶液を作用させると炭素を生じる。
- ④ Gの水溶液は濃度に関係なく、強い酸化力をもつ。
- ⑤ Hは、25℃、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において無色透明の結晶である。

問 4 酸化物 J に関する記述として正しいものを、次の①～⑨のうちから 3 つ選び、一緒にマークせよ。 11

- ① 分子に極性がある。
- ② 赤褐色の気体である。
- ③ 刺激臭のある気体である。
- ④ 水に溶けると酸性を示す。
- ⑤ 石灰水に通じると白濁する。
- ⑥ 還元性があり金属の精錬に利用される。
- ⑦ 水に溶けると漂白作用のある物質を生じる。
- ⑧ 実験室的製法により得られた気体は水上置換により捕集できる。
- ⑨ 常温、常圧で水酸化ナトリウムと反応してナトリウム塩を生じやすい。

問 5 質量パーセント濃度が 12 % で密度が 0.94 g/cm^3 である水素化合物 C の水溶液 α 2.0 mL を 100 mL のメスフラスコにとり、水を標線まで満たしてよく混合し、C の水溶液 β をつくった。この水溶液 β 10 mL と 0.10 mol/L のオキソ酸 F の水溶液 10 mL をコニカルビーカーにとってよく混合したのち、0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、中和点までに 3.6 mL を要した。 12 に当てはまる最も近い数値を、次の①～⑧のうちから 1 つ選べ。

- | | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| ① 0.12 | ② 0.30 | ③ 0.48 | ④ 5.8 |
| ⑤ 7.5 | ⑥ 15 | ⑦ 24 | ⑧ 30 |

2 次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えよ。

次の反応A～Eは可逆反応で、それらが平衡状態にあるとき、黒鉛を除き、すべての物質は気体である。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとし、必要があれば、表1に示す化合物(気体)の生成熱(kJ/mol)の値を用いよ。

反応A 二酸化窒素から四酸化二窒素が生成する。

反応B オゾンから酸素が生成する。

反応C 黒鉛と二酸化炭素から一酸化炭素が生成する。

反応D エタンからエチレンと水素が生成する。

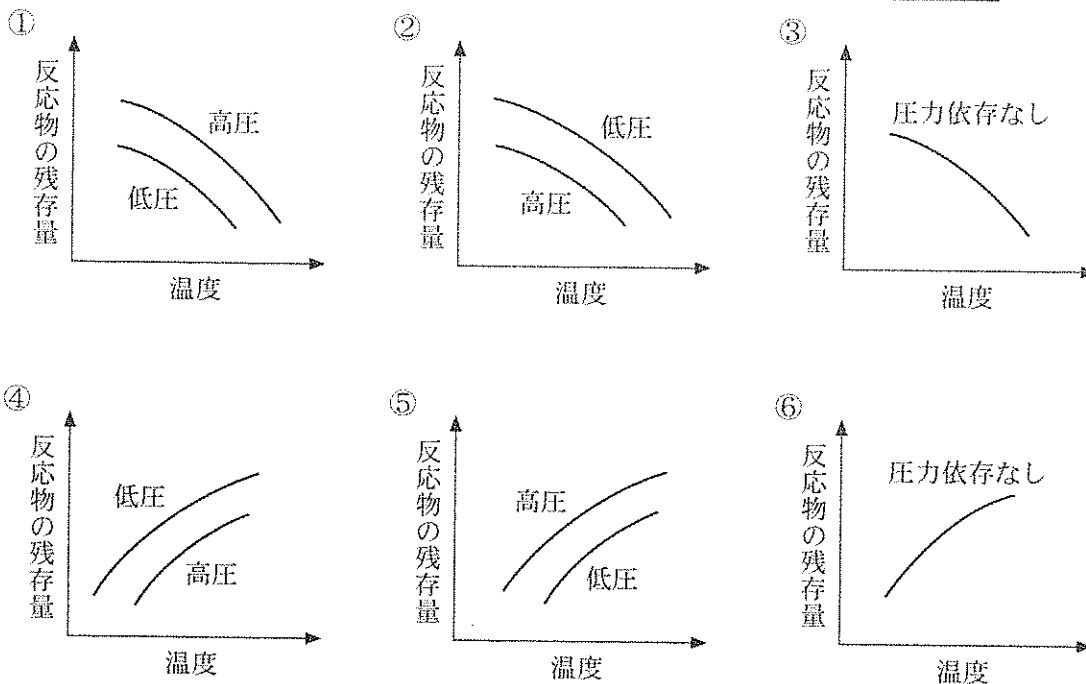
反応E 窒素と酸素から一酸化窒素が生成する。

表1

化合物(気体)	生成熱(kJ/mol)	化合物(気体)	生成熱(kJ/mol)
エタン	83.8	二酸化炭素	394
エチレン	-52.5	一酸化窒素	-90.3
オゾン	-143	二酸化窒素	-33.2
一酸化炭素	111	四酸化二窒素	-9.66

問 1 反応 A~E が平衡状態にあるとき、各反応の下線で示した反応物の残存量と、温度や圧力との関係を示した模式図として最も適切なものを、次の①~⑥のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

A B C D E



問 2 化学反応が平衡状態にあるときの反応物と生成物の濃度の関係を示した平衡定数を K_c とし、濃度の代わりに圧力との関係を示した圧平衡定数を K_p としたとき、 K_c と K_p は気体の状態方程式により関係づけられている。反応 A~E のうち、 K_c と K_p の値が等しくなるものはどれか。次の①~⑤のうちから当てはまるものをすべて選び、一緒にマークせよ。当てはまるものがない場合には①をマークせよ。

① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

問 3 体積が一定(10.0 L)で、温度を 400 K に保った耐圧密閉容器に 1.00 mol の二酸化窒素を入れたところ、反応 A が起こり、平衡に達した。次の(1)~(3)に答えよ。ただし、反応前の容器内の二酸化窒素の圧力を P_1 (Pa) とおき、平衡状態における四酸化二窒素の物質量を x (mol) とおくこと。また、容器内には、二酸化窒素と四酸化二窒素以外の気体は含まれないものとする。

(1) この反応の平衡状態における容器内の全圧 (Pa) を、 P_1 と x を用いて表した式として最も適切なものを、次の①~⑩のうちから 1 つ選べ。 19

- ① $(1.00 - 3x)P_1$ ② $(1.00 - x)P_1$ ③ P_1
 ④ $(1.00 + x)P_1$ ⑤ $(1.00 + 3x)P_1$ ⑥ $\frac{1.00 - 3x}{P_1}$
 ⑦ $\frac{1.00 - x}{P_1}$ ⑧ $\frac{1.00}{P_1}$ ⑨ $\frac{1.00 + x}{P_1}$
 ⑩ $\frac{1.00 + 3x}{P_1}$

(2) この反応の圧平衡定数を、 P_1 と x を用いて表した式として最も適切なものを、次の①~⑥のうちから 1 つ選べ。 20

- ① $\frac{(1.00 - x)^2 P_1}{2x}$ ② $\frac{2x}{(1.00 - x)^2 P_1}$ ③ $\frac{(1.00 - 2x)^2}{x P_1}$
 ④ $\frac{x P_1}{(1.00 - 2x)^2}$ ⑤ $\frac{(1.00 - 2x)^2 P_1}{x}$ ⑥ $\frac{x}{(1.00 - 2x)^2 P_1}$

(3) この反応の圧平衡定数の値が与えられたとき、次に示す a ~ c のうち求められるのはどれか。正しく選択しているものを、下の①~⑧のうちから 1 つ選べ。 21

- a 反応によって発生した熱量
 b 平衡に達するまでの時間
 c 平衡状態にあるときの全圧

- ① a ② b ③ c ④ a, b
 ⑤ a, c ⑥ b, c ⑦ a, b, c ⑧ 該当なし

3 次の問い(問1～3)に答えよ。ただし、生理食塩水は、質量パーセント濃度0.90%の塩化ナトリウムNaCl水溶液で、その水溶液の密度は 1.0 g/cm^3 とし、またNaClの電離度を0.93とする。

問1 次の文章を読み、下の(1)、(2)に答えよ。

ある牛乳100gには、4.8gの炭水化物、3.3gのタンパク質、3.8gの脂質が含まれている。また、この牛乳の浸透圧は生理食塩水と等しいとみなすことができる。

(1) 下線部アについて、この牛乳に含まれる炭水化物の主成分はラクトースである。ラクトースは と が脱水縮合した構造をもつ。ラクトースが示す還元性は の部分構造によるものである。 , に当てはまる物質として最も適切なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- ① グルコース ② スクロース ③ マルトース ④ マンノース
⑤ ガラクトース ⑥ セロビオース ⑦ トレハロース ⑧ フルクトース

(2) 下線部イについて、ラクトースによる浸透圧がこの牛乳全体の浸透圧に占める割合〔%〕はいくらか。 には十の位の数字を、 には一の位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には①をマークせよ。小数第1位以下がある場合には四捨五入せよ。ただし、牛乳の密度は 1.0 g/cm^3 とし、牛乳に含まれる炭水化物はラクトースのみであるものとする。 %

問 2 デンプン加水分解物の水溶液 225 mL がある。この水溶液の浸透圧が生理食塩水の浸透圧と等しいとき、デンプン加水分解物の平均重合度として最も近い数値を、次の①～⑨のうちから 1 つ選べ。ただし、水溶液 225 mL に含まれるデンプン加水分解物を完全に単糖にまで加水分解すると、グルコース 75 g を生じるものとする。

26

- ① 2.0 ② 3.4 ③ 4.8 ④ 6.2 ⑤ 7.6
⑥ 9.0 ⑦ 11 ⑧ 13 ⑨ 15

問 3 次の文章を読み、下の(1)~(4)に答えよ。

アスコルビン酸($C_6H_8O_6$)は図1の構造式で表され、栄養素としてはビタミンCとよばれる。ヒトは、アスコルビン酸を合成するために必要な酵素をもっておらず、食物を通じてアスコルビン酸を得ている。

アスコルビン酸を合成できる動物においては、グルコース(図2)がアスコルビン酸の合成の主な原料となっている。生体内におけるアスコルビン酸の合成過程において、グルコースは、図2の炭素原子aが酸化されて、カルボン酸であるグルクロン酸となった後、図2の炭素原子bと同じ炭素原子が還元されてグルロン酸となる。その後、グルロン酸は分子内(A)によって環状化合物のグルノ- γ -ラクトンが生じ、さらに、このグルノ- γ -ラクトンが(B)されて、五員環を構成する炭素-炭素原子間に二重結合ができることによりアスコルビン酸が得られる。

アスコルビン酸は還元力をもち、生体内における役割として抗酸化作用が知られている。
^エ ビタミンの強化や抗酸化作用を利用する目的で、アスコルビン酸が食品に添加されることがある。
^オ

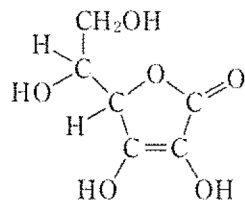


図1 アスコルビン酸

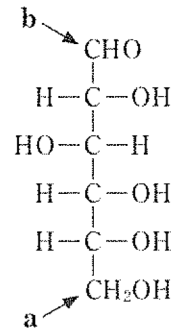
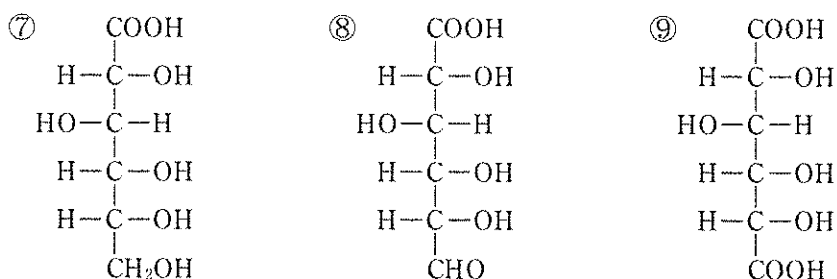
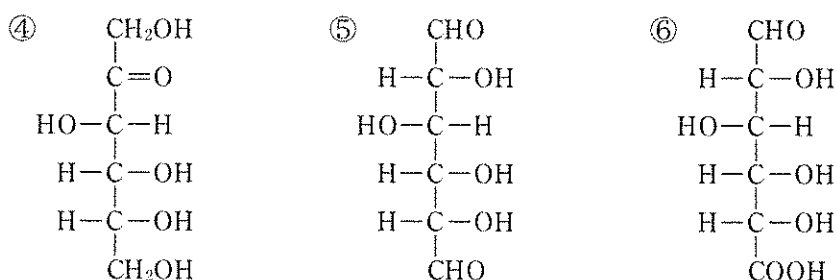
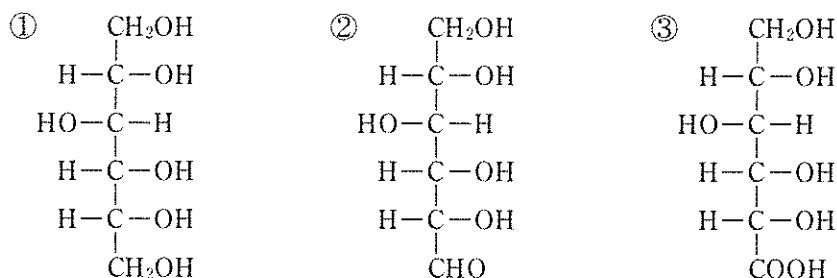


図2 グルコース(鎖状構造)

(1) 下線部ウについて、グルン酸の構造式はどれか。最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。ただし、構造式中の不斉炭素原子の上下に位置する価標は紙面の奥に向いており、左右に位置する価標は紙面の手前に向いているものとする。図2のグルコースも同様の表記法で示されている。 27



(2) (A), (B)に当てはまる語として最も適切なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

(A) 28 (B) 29

- | | | | |
|--------|---------|---------|---------|
| ① 酸化 | ② 還元 | ③ 中和 | ④ 付加 |
| ⑤ ニトロ化 | ⑥ アセチル化 | ⑦ エステル化 | ⑧ スルホン化 |

(3) 下線部エについて、2,6-ジクロロインドフェノールとアスコルビン酸は、酸性条件下で図3に示すように反応し、赤紫色の2,6-ジクロロインドフェノールが還元されて無色の化合物になる。この化学反応では、1分子のアスコルビン酸は(X)個の電子を(Y)。

(X), (Y)に当てはまる語句の組合せとして最も適切なものを、下の①~⑧のうちから1つ選べ。 30

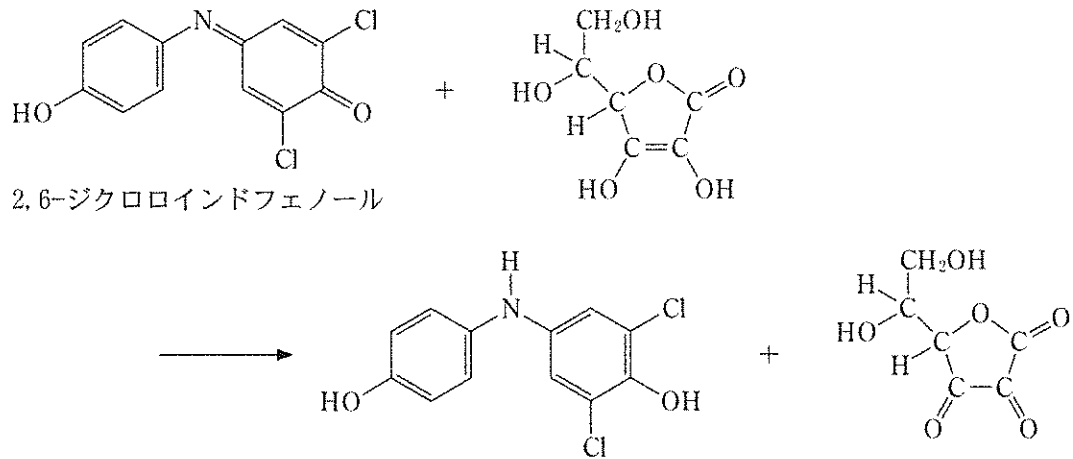


図3 2,6-ジクロロインドフェノールとアスコルビン酸の反応

	(X)	(Y)
①	1	受け取る
②	2	受け取る
③	3	受け取る
④	4	受け取る
⑤	1	失う
⑥	2	失う
⑦	3	失う
⑧	4	失う

(4) 下線部オについて、ある飲料 Q のアスコルビン酸含有量の測定を次のように行った。

この飲料 Q 50 mL を 1.5×10^{-2} mol/L の硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、2.3 mL で反応の終点に達した。飲料 Q 1.0 L に含まれるアスコルビン酸の質量 [mg] はいくらか。 には一の位の数字 (0 を除く) を、 には小数第 1 位の数字を、 には 1 桁の指数の数字をマークせよ。小数第 2 位以下がある場合には四捨五入せよ。ただし、飲料 Q に含まれる物質のうち、過マンガン酸カリウムと反応するのはアスコルビン酸のみであるとし、この反応におけるアスコルビン酸の電子の授受は図 3 の反応と同じであるものとする。

. $\times 10^{\text{$ mg