化 学

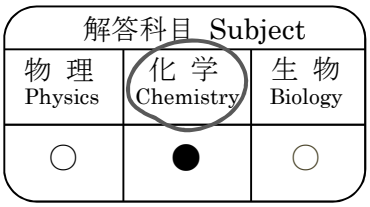
「解答科目」記入方法

解答科目には「物理」,「生物」,「化学」がありますので, この中から 2 科目を選んで解答してください。選んだ 2 科目のうち, 1 科目を解答用紙の表面に解答し, もう 1 科目を裏面に解答してください。

「化学」を解答する場合は, 右のように, 解答用紙にある「解答科目」の「化学」を○で囲み, その下のマーク欄をマークしてください。

科目が正しくマークされていないと, 採点されません。

＜解答用紙記入例＞



必要であれば, 次の値を用いよ。また, 指示がない場合, 気体は理想気体として扱ってよい。

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

ファラデー定数：$F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

気体定数：$R = 8.3 \times 10^3$ Pa･L/(mol･K)

標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa)**における理想気体のモル体積**：22.4 L/mol

原子量：H＝1.0, He＝4.0, Li＝7.0, Be＝9.0, B＝10.8, C＝12.0, N＝14.0, O＝16.0, F＝19.0, Ne＝20.2, Na＝23.0, Mg＝24.0, Al＝27.0, Si＝28.0, P＝31.0, S＝32.0, Cl＝35.5, Ar＝40.0, K＝39.0, Ca＝40.0, Sc＝45.0, Ti＝48.0, V＝51.0, Cr＝52.0, Mn＝55.0, Fe＝56.0, Co＝58.9, Ni＝58.7, Cu＝64.0, Zn＝65.0, Br＝80.0, Ag＝108, Cd＝112, Sn＝119, I＝127, Ba＝137, Hg＝200, Pb＝207

問１　プルーストが提唱した「定比例の法則」にあてはまる事実は，次の語群の中にいくつあるか。適切なものを，下の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。 1

［語群］

・メタン 8 g と二酸化炭素 22 g の標準状態における体積は等しい。
・メタン 16 g を完全燃焼させたときに発生する熱量は 892 kJ である。
・どのように合成したアンモニアであっても構成元素の質量比は H : N＝3 : 14 である。
・標準状態において一酸化炭素 2 L と酸素 1 L を反応させると二酸化炭素 2 L が生成する。
・食塩水を電気分解すると陽極で発生する気体と陰極で発生する気体の物質量は等しい。

① 1　② 2　③ 3
④ 4　⑤ 5　⑥ 該当なし

問２　ホウ素には $^{10}_{5}B$（相対質量 10）と $^{11}_{5}B$（相対質量 11）の２種類の同位体が存在し，その天然存在比はそれぞれ 19.6%，80.4%である。また，塩素には $^{35}_{17}Cl$（相対質量 35）と $^{37}_{17}Cl$（相対質量 37）の２種類の同位体が存在し，その天然存在比はそれぞれ 75.5%，24.5%である。天然に存在する割合が最も多い三塩化ホウ素分子 BCl_3 の相対質量として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。 2

① 115　② 116　③ 117
④ 118　⑤ 119　⑥ 120
⑦ 121　⑧ 122　⑨ 123

問３　メタノールは主に天然ガスから合成される。天然ガスの主成分であるメタンを水蒸気と反応させると，次のような反応が起こる。

$$CH_4(気) + H_2O(気) \longrightarrow CO(気) + 3H_2(気)$$

この反応で得られる一酸化炭素と水素の混合気体を合成ガスといい，合成ガスを触媒を用いて反応させると，次のようにメタノールが生成する。

$$CO(気) + 2H_2(気) \longrightarrow CH_3OH(気)$$

このメタノールの合成反応では一酸化炭素と水素が物質量比 1：2 で過不足なく反応するが，合成ガスの一酸化炭素と水素の混合比は 1：3 である。そのため，実際には合成ガスに二酸化炭素を加え，次のような反応によって一酸化炭素と水素の物質量比が 1：2 となるように調整してからメタノールの合成反応をおこなっている。

$$CO_2(気) + H_2(気) \longrightarrow CO(気) + H_2O(気)$$

上記の過程において，3.0 mol のメタンから最大で何 mol のメタノールが合成できるか。適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。 3

① 2.0	② 2.5	③ 3.5
④ 4.0	⑤ 5.0	⑥ 5.5
⑦ 6.0	⑧ 6.5	⑨ 7.0

問４　気体状態の分子に含まれる共有結合 1 mol を切断するために必要なエネルギーを結合エネルギーという。いくつかの結合について，結合エネルギーを次に示す。

結合	結合エネルギー〔kJ/mol〕
C－C	368
C－H	411
O－H	459
O＝O	494
C＝O	799

気体状態の直鎖上アルカン 1.0 mol を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素(気)と水(液)が生成し，そのときの発熱量は 2777 kJ であった。このアルカンの名称として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。なお，液体の水 1 mol が気体に変化するときに吸収する熱量を 44 kJ とする。 4

① エチレン	② ヘキサン	③ アセチレン
④ プロピレン	⑤ メタン	⑥ プロパン
⑦ ブタン	⑧ イソプレン	⑨ エタン

問５　リン酸水素二ナトリウムは［ a ］塩である。また，その水溶液では塩が［ b ］を起こすため［ c ］性を示す。［ a ］～［ c ］にあてはまる語句の組み合わせとして適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。 5

	a	b	c
①	酸性	電離	酸性
②	酸性	加水分解	塩基性
③	中性	電離	酸性
④	中性	加水分解	塩基性
⑤	塩基性	電離	酸性
⑥	塩基性	加水分解	塩基性

問６　乳酸を含む食品 10 g を細かく砕いてフラスコに入れ，ここに 50 mL の水を入れてよくかき混ぜたのち，フェノールフタレイン溶液を数滴加えた。0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定をおこなったところ，11.2 mL で終点となった。この食品中の乳酸の含有率(質量パーセント)は何%か。適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。なお，食品中には乳酸以外の酸は含まれないものとする。 6

① 1.0	② 2.4	③ 3.2
④ 4.0	⑤ 4.7	⑥ 5.1
⑦ 6.3	⑧ 7.0	⑨ 8.6

問７　硫酸亜鉛水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を多孔質の素焼き板で仕切り，硫酸亜鉛水溶液に亜鉛電極を，硫酸銅(Ⅱ)水溶液に銅電極を浸して組み立てた電池をダニエル電池という。ダニエル電池について述べた次の文(a)～(e)のうち，正しいものの組み合わせとして適切なものを，下の選択肢①～⑩のうちから一つ選べ。 7

(a) 起電力はおよそ 1.1 V である。
(b) 素焼き板をガラス板に変えても，起電力は変わらない。
(c) 放電させると，硫酸イオンは硫酸銅(Ⅱ)水溶液から硫酸亜鉛水溶液へと移動する。
(d) 放電させると，正極では気体が発生する。
(e) 銅電極を白金電極に変えた場合，電流は反対の向きに流れるようになる。

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

問８　0℃，1.0×10^{5} Pa において 1.0 L の水に溶解する窒素および酸素の物質量は，それぞれ 1.03×10^{-3} mol，2.18×10^{-3} mol である。0℃，1.0×10^{5} Pa の空気が 2.0 L の水と接しており溶解平衡の状態に達しているとき，溶解した気体の合計質量〔mg〕として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。ただし，空気の組成は体積比で窒素：酸素＝4：1 とする。 8

① 16　② 34　③ 57
④ 68　⑤ 74　⑥ 88
⑦ 93　⑧ 106　⑨ 118

問９　沸騰している水に 30%塩化鉄(Ⅲ)水溶液を数滴加えると，赤褐色の溶液が得られた。この溶液について述べた次の文(a)～(e)のうち，正しいものの組み合わせとして適切なものを，下の選択肢①～⑩のうちから一つ選べ。 9

(a) 塩基性を示す。
(b) 過酸化水素を加えると化学発光が観察される。
(c) 硫酸ナトリウムを加えると沈殿が生成する。
(d) 電極を浸して直流電圧をかけると，赤褐色の原因物質が陰極へと移動する。
(e) セロハン袋に入れて純水に浸すと，セロハン袋内部の溶液は無色となる。

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

問10　アンモニア水に塩酸を加えてちょうど中和したとき，反応溶液中のイオン濃度に関する次の式(a)～(e)のうち，正しいものの組み合わせとして適切なものを，下の選択肢①～⑩のうちから一つ選べ。 10

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

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11　塩化銀の飽和水溶液に少しずつ塩化ナトリウムを加えていき，ナトリウムイオン濃度を 1.0×10^{-2} mol/L に調整した。この溶液中の銀イオン濃度〔mol/L〕として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。ただし，塩化銀の溶解度積を $K_{sp}=8.2\times10^{-11}$ $(\text{mol/L})^2$ とする。 11

① 4.1×10^{-5}　② 8.2×10^{-5}　③ 4.1×10^{-7}
④ 8.2×10^{-7}　⑤ 4.1×10^{-9}　⑥ 8.2×10^{-9}
⑦ 4.1×10^{-11}　⑧ 8.2×10^{-11}　⑨ 4.1×10^{-13}

問12　アンモニアの製法であるハーバー・ボッシュ法では，生成したアンモニアに未反応の窒素や水素が混ざっている。アンモニアと未反応ガスを分離するために，どのような方法が用いられているか。適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。 12

① 冷却して凝縮させる。　② 熱水に溶かして分離する。
③ 遠心分離する。　④ 塩化アンモニウムに変えて固体にする。
⑤ 半透膜を用いて透析をおこなう。　⑥ 圧力を下げて凝縮させる。

問13　最も分子量が大きい気体が発生する反応として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。 13

① 銅に希硝酸を加える。
② 銅に濃硝酸を加える。
③ 硫化鉄(Ⅱ)に希塩酸を加える。
④ 亜鉛に希硫酸を加える。
⑤ 亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加える。
⑥ 酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加えて加熱する。

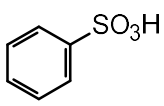
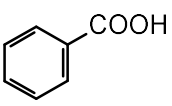
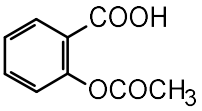
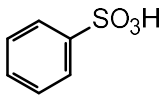
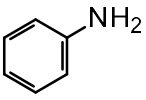
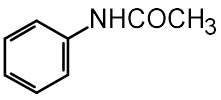
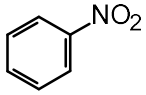
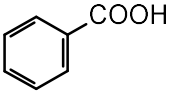
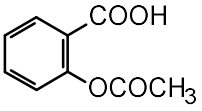
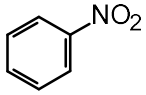
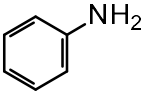
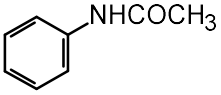
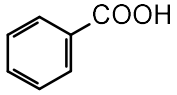
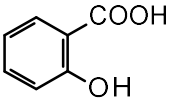
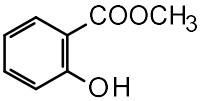
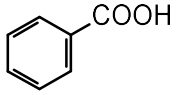
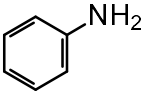
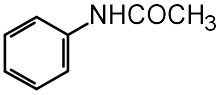
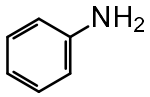
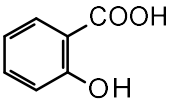
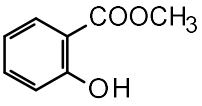
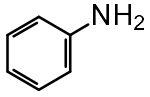
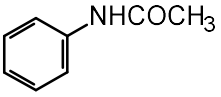
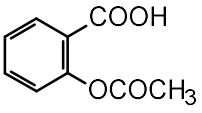
問14　硝酸銀水溶液 200 mL に純銅の板を浸すと，表面に 3.24 g の銀が析出した。このとき，水溶液中の銅イオンのモル濃度〔mol/L〕として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。ただし，水溶液の体積は 200 mL のままであるとする。 14

① 2.3×10^{-1}　② 5.4×10^{-1}　③ 9.7×10^{-1}
④ 7.5×10^{-2}　⑤ 8.2×10^{-2}　⑥ 9.6×10^{-2}
⑦ 6.1×10^{-3}　⑧ 7.0×10^{-3}　⑨ 8.8×10^{-3}

問15　175 mg のアルケン A を 27℃，5.0×10^4 Pa のもとで気体とし，その密度を測定したところ 1.4 g/L であった。アルケン A として考えられる異性体(シス－トランス異性体も含む)はいくつあるか。適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。 15

① 1　② 2　③ 3　④ 4
⑤ 5　⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8

問 16　ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸を加えて反応させると［ d ］が生成した。［ d ］に塩酸とスズ片を加えて加熱すると溶液は均一になった。ここに水酸化ナトリウム水溶液を加えると油状の［ e ］が分離した。［ e ］を無水酢酸と反応させると，解熱鎮痛作用をもつ［ f ］が得られた。［ d ］～［ f ］にあてはまる化合物の構造の組み合わせとして適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　16

	d	e	f
①			
②			
③			
④			
⑤			
⑥			
⑦			
⑧			

問17　トレハロースは食品添加剤として用いられており，マルトースと同様に２分子の α-グルコースが脱水縮合した構造をもつが，マルトースとは異なりその水溶液は還元性を示さない。トレハロースが有するグリコシド結合として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。 17

① α-1,1-グリコシド結合　② α-1,4-グリコシド結合　③ α-1,6-グリコシド結合
④ α-2,2-グリコシド結合　⑤ α-2,4-グリコシド結合　⑥ α-3,4-グリコシド結合
⑦ α-4,4-グリコシド結合　⑧ α-4,6-グリコシド結合　⑨ α-6,6-グリコシド結合

問18　セルロースに無水酢酸を作用させ，セルロース中のすべてのヒドロキシ基を完全にエステル化してトリアセチルセルロースを得た。これを部分的に加水分解してジアセチルセルロースとし，乾燥させて 246 g のアセテート繊維を得た。原料に用いたセルロースの質量〔g〕として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。 18

① 104　② 120　③ 138
④ 149　⑤ 155　⑥ 162
⑦ 180　⑧ 208　⑨ 222

問19　タンパク質について述べた次の文(a)～(e)のうち，正しいものの組み合わせとして適切なものを，下の選択肢①～⑩のうちから一つ選べ。 19

(a) 構成アミノ酸はすべて不斉炭素原子をもつ。
(b) アミノ酸の配列順序を一次構造という。
(c) 部分的ならせん構造（α-ヘリックス）を三次構造という。
(d) すべてのタンパク質は複雑に折りたたまれた立体構造をもつ。
(e) ヘモグロビンは四次構造をもつタンパク質である。

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

問20　核酸には RNA と DNA があり，いずれも多数のヌクレオチドが結合した鎖状の高分子である。ヌクレオチドは糖，［ g ］，塩基が結合してできている。DNA を構成するヌクレオチドの塩基にはアデニン，グアニン，チミン，［ h ］の４種類があり，互いに相補的なアデニンとチミンは二重らせん DNA の分子中において［ i ］本の水素結合を形成する。［ g ］～［ i ］にあてはまる語句の組み合わせとして適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。 20

	g	h	i
①	リン酸	グリシン	2
②	リン酸	グリシン	3
③	リン酸	シトシン	2
④	リン酸	シトシン	3
⑤	アミノ酸	グリシン	2
⑥	アミノ酸	グリシン	3
⑦	アミノ酸	シトシン	2
⑧	アミノ酸	シトシン	3

問21　図１は二酸化炭素の状態図である。これについて述べた次の文(a)～(e)のうち，正しいものの組み合わせとして適切なものを，下の選択肢①～⑩のうちから一つ選べ。　21

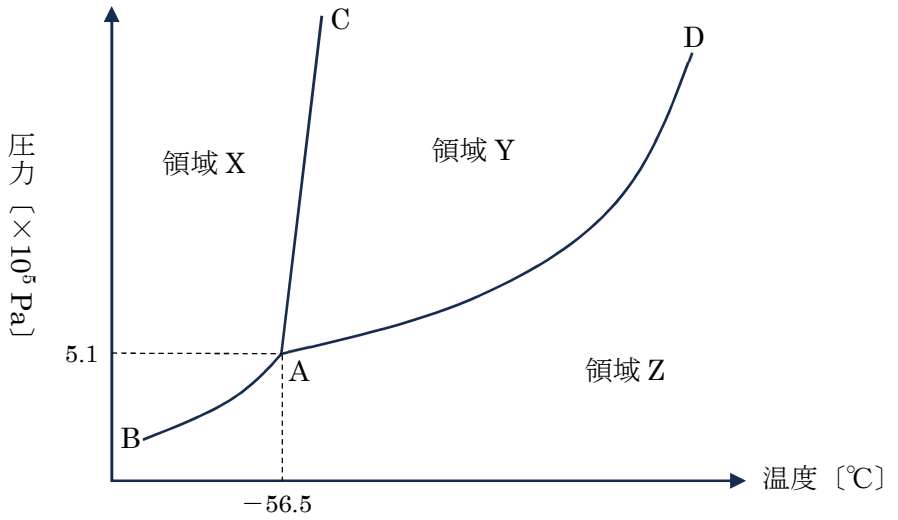


図１　二酸化炭素の状態図

(a) 領域 X は気体，Y は液体，Z は固体を表す。
(b) 5.1×10^5 Pa よりも小さい圧力のもとで二酸化炭素を液体にすることができる。
(c) −56.5℃よりも高い温度のもとで気体の二酸化炭素を加圧すると液体にすることができる。
(d) 固体の二酸化炭素を加圧していくと，融点は高くなる。
(e) 曲線 AB を昇華圧曲線，曲線 AD を融解曲線という。

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22　体積を変えることができる容器に窒素ガスを入れて，ある一定の温度に保ちながら体積を小さくしていくと，圧力は図２のように変化した。これについて述べた次の文(a)～(e)のうち，正しいものの組み合わせとして適切なものを，下の選択肢①～⑩のうちから一つ選べ。 22

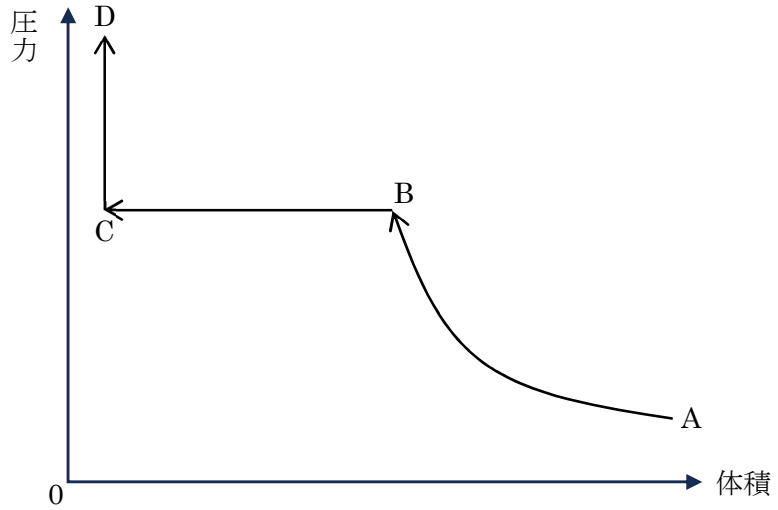


図２

(a) A－B 間において，体積が小さくなっても気体の密度は変化しない。
(b) 点 B の圧力は，温度によって変化する。
(c) B－C 間において，一定の温度に保つために容器を加熱する必要がある。
(d) B－C 間ではボイルの法則が成り立つ。
(e) C－D 間において，窒素の状態は液体である。

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

化学の問題はこれで終わりです。解答欄の 23 ～ 75 はマークしないでください。
解答用紙の科目欄に「化学」が正しくマークしてあるか，もう一度確かめてください。

この問題冊子を持ち帰ることはできません。