

※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分で2科目を受験する

試験時間 100分

物理 1~10 ページ

化学 11~21 ページ

生物 22~34 ページ

- 注意事項**
- 出題の際に選択した2科目について解答すること。
 - 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)は、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えを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。

注意事項

必要があれば次の数値を用いよ。

原子量 H:1.0 He:4.0 C:12 N:14 O:16 Ne:20

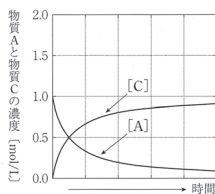
I 次の問1~問8に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

問1 自然界の炭素には¹²Cと¹³Cの2種類の同位体が存在し、酸素には¹⁶O、¹⁷O、¹⁸Oの3種類の同位体が存在する。これらの同位体からつくられる二酸化炭素には、同位体の構成の異なる分子が全部で何種類存在するか。 1

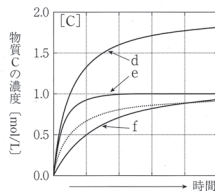
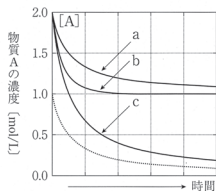
- ① 5 ② 6 ③ 9 ④ 12 ⑤ 15 ⑥ 18

問2 溶液中で物質Aと物質Bから物質Cが生成する反応(A+B→C)の反応速度vが、

$v = k[A][B]$ で表されるとする。ここでkは反応速度定数であり、[]はそれぞれの物質のモル濃度を示す。右図は、ある温度で、[A]=[B]=1 mol/L、[C]=0から反応を開始した場合の、[A]と[C]の時間変化を示したものである。同じ温度で[A]=2 mol/L、[B]=1 mol/L、[C]=0から反応を開始した場合の[A]と[C]の時間変化について、正しく表しているのは、下図のa~fの組合わせのうちどれか。ただし、図中の破線は、[A]=[B]=1 mol/L、[C]=0から反応を開始したときの、[A]と[C]の時間変化を示している。



2



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

問3 鉛の単体とその化合物に関する次の記述のうちから、誤っているものを選べ。 3

- 酸化鉛(II) PbOは、鉛蓄電池の正極に利用されている。
- 鉛の化合物は、水に溶けにくいものが多いが、酢酸鉛(II) (CH₃COO)₂Pbは水に溶ける。
- 鉛の単体を塩酸に入れたら、表面に塩化鉛(II) PbCl₂が生じる。
- 塩化鉛(II) PbCl₂は、冷水には溶けにくい、熱水には溶ける。
- 水酸化鉛(II) Pb(OH)₂は、アンモニア水には溶けにくい、過剰の水酸化ナトリウム水溶液には溶ける。

問4 窒素ボンベから窒素を水中でメスシリンダー内に流出させ、流出した窒素の体積を、水上置換により測定した。また、流出前と流出後の窒素ボンベの質量の差により、流出した窒素の質量を求めた。これらの値から窒素の密度を計算したところ、1.14 g/Lであった。同じ測定条件で実験を行い、ある純物質からなる気体の密度を求めたところ、0.65 g/Lであった。この気体は何か。なお、気体は理想気体とみなし、それぞれの気体の水への溶解は無視できるものとする。 4

- ① ヘリウム ② ネオン ③ メタン ④ エタン ⑤ プロパン

問5 次の化学変化のうちから、下線を付した物質が酸化剤としてはたらくものを2つ選べ。 5

- 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えると、気体が発生する。
- ナトリウムの単体を空気中におくと、表面の色が変化する。
- 銅板を硝酸銀水溶液に浸すと、表面に金属が析出する。
- 水酸化銅(II)に濃アンモニア水を加えると、溶解する。
- 硫化水素水に二酸化硫黄の気体を通じると、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

問6 塩化鉄(III)水溶液に次のa~eの操作を順に行ったら、水溶液中の鉄(III)イオンは最終的に水に不溶性な沈殿となった。これらの操作のうち、水溶液の色が最初に変化した操作と、その色が再び元に戻った操作の組合わせを選べ。なお、水溶液の色とは、沈殿が生じた場合には上清の色をさすものとする。 6

- 水溶液に希塩酸を加えた。
 - 硫化水素を通じた。
 - 煮沸して、水溶液中の硫化水素を追い出した。
 - 硝酸を加えた。
 - 過剰量のアンモニア水を加えた。
- 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7 次の文中の空欄(a)~(d)に当てはまる数が順に並んでいるものはどれか。

分子式C₅H₁₂Oで表される第2級アルコールについて、考えられる構造異性体の数は(a)個であり、そのうち不斉炭素をもつものは(b)個である。また、これらの第2級アルコールの分子内脱水により生じるアルケンの構造異性体の総数は(c)個であり、その中には、幾何異性体が存在するアルケンが(d)個含まれる。 7

- ① 5, 5, 4, 2 ② 5, 4, 3, 1 ③ 5, 4, 3, 2
 ④ 4, 3, 3, 1 ⑤ 3, 3, 4, 1 ⑥ 3, 3, 3, 1
 ⑦ 3, 2, 4, 1 ⑧ 3, 2, 3, 2 ⑨ 2, 1, 3, 2
 ⑩ 2, 1, 3, 1

問8 アセチレン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。 8

- a. 硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に通じると、水溶液の赤紫色が消える。
 - b. 赤熱した鉄に触れさせると、3分子が重合してベンゼンを生じる。
 - c. 十分な量の酸素とともに燃焼させると、高温の炎を生じ、金属の溶接や切断に用いられる。
 - d. 硫酸水銀(II)を触媒として水を付加させると、ホルムアルデヒドが生成する。
 - e. 酢酸を付加させて生じた化合物を重合させると、ポリプロピレンが得られる。
- 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

II 塩素の発生・精製と確認に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

固体Aに液体Bを加えたところ、常温ではほとんど気体は発生しなかったが、加熱すると気体が発生した。この気体を異なる液体の入った2本の洗気ビンに順に通して不純物を除去し、捕集ビンに塩素を回収した。続いて、この捕集ビンに、水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙を入れて密閉した。すると、紙の色は、i青紫色に変化した。しばらくすると、ii塩素と水の反応で生じた物質の漂白作用により青紫色は消えた。

問1 この反応に用いた固体Aと液体Bの組み合わせはどれか。 9

- a. 塩化ナトリウム b. 高度さらし粉 c. 酸化マンガン(IV)
 - d. 希硫酸 e. 濃塩酸 f. 濃硫酸
- ① a, d ② a, e ③ a, f ④ b, d ⑤ b, e
⑥ b, f ⑦ c, e

問2 次の記述のうち、誤っているものを2つ選べ。 10

- a. 塩素の気体は黄緑色であるため、塩素の発生は目視で判別できる。
 - b. 1本目の洗気ビンには水を入れる。これにより塩素に混入した別の刺激性の気体を除去できる。
 - c. 2本目の洗気ビンには濃硝酸を入れる。これにより塩素に混入した水蒸気を除去できる。
 - d. 塩素は空気よりも重いので、下方置換で捕集できる。
 - e. 塩素の確認には、濃アンモニア水をつけたガラス棒を近づけると白煙が生じる反応も、用いることができる。
- 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3 1.0×10^{-2} molの塩素が発生するとき、液体Bに含まれる物質は何mol消費されるか。

- 11
- ① 1.4×10^{-3} ② 2.5×10^{-3} ③ 5.0×10^{-3} ④ 7.5×10^{-3} ⑤ 1.0×10^{-2}
⑥ 1.5×10^{-2} ⑦ 2.0×10^{-2} ⑧ 4.0×10^{-2} ⑨ 5.0×10^{-2} ⑩ 7.0×10^{-2}

問4 下線部iの変化を生じさせた反応と、下線部iiの物質が順に並んでいるものはどれか。なお、ヨウ化カリウムデンプン紙とは、ヨウ化カリウムとデンプンを溶かした水溶液に、ろ紙を浸して乾燥させたものである。 12

[iの選択肢]

- a. 塩素が、デンプンと反応した。
- b. 塩素とヨウ化物イオンが反応してヨウ素が生じ、デンプンと反応した。

[iiの選択肢]

- c. 塩酸 d. 亜塩素酸 e. 過塩素酸 f. 次亜塩素酸
- ① a, c ② a, d ③ a, e ④ a, f ⑤ b, c
⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ b, f

III 次の問1～問4に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

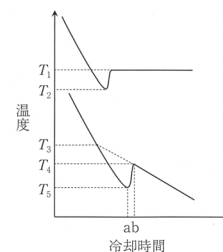
問1 問題削除

問2 図は、水の冷却曲線と、希薄な食塩水の冷却曲線を、模式的に示したものである。次の空欄(ア)、(イ)に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。

この食塩水の凝固点降下度は(ア)で求められ、時間aからbの間に(イ)。

14

- ① $T_1 - T_3$, 固体は生じない
- ② $T_1 - T_4$, 固体は生じない
- ③ $T_2 - T_3$, 固体は生じない
- ④ $T_1 - T_3$, 氷のみが生じる
- ⑤ $T_1 - T_4$, 氷のみが生じる
- ⑥ $T_2 - T_3$, 氷のみが生じる
- ⑦ $T_1 - T_3$, 氷と塩化ナトリウムの結晶が生じる
- ⑧ $T_1 - T_4$, 氷と塩化ナトリウムの結晶が生じる
- ⑨ $T_2 - T_3$, 氷と塩化ナトリウムの結晶が生じる



問3 エタノールと水の混合溶液を加熱すると、混合溶液中のエタノールと水それぞれの蒸気圧の和が大気圧に達したときに沸騰する。蒸留装置を用いて、大気圧下でエタノールと水の混合溶液(エタノールの質量パーセント濃度は25%)を加熱し、沸騰が始まったときの蒸気を凝縮させ、エタノールと水からなる留出液を得た。この留出液中のエタノールの質量パーセント濃度(%)は、およそいくらか。なお、沸騰が始まったときの蒸気中のエタノールの分圧は 4.7×10^4 Pa、水の分圧は 5.3×10^4 Paであり、沸騰中に混合溶液の組成と蒸気の温度は変化しないものとする。また、蒸気は理想気体としてふるまうものとする。 15

- ① 25 ② 30 ③ 50 ④ 70 ⑤ 80

問4 500 gの水に塩化カリウム149 gと硝酸ナトリウム170 gを加え、加熱して完全に溶解させたのち、10℃まで冷却したところ、ある物質の結晶が析出した。析出した結晶についての記述として正しいものはどれか。なお、下表は各物質の式量と10℃におけるそれぞれの物質の溶解度(100 gの水に溶ける溶質の質量[g]の値)を示したものである。また、それぞれの物質の溶解度は、他の塩が共存していても変わらないものとし、過飽和は起こらないものとする。また、水の蒸発は無視できるものとする。 16

化合物	式量	溶解度(10℃)
KCl	74.5	31.2
NaNO ₃	85.0	80.5
NaCl	58.5	35.7
KNO ₃	101	22.0

- ① 塩化カリウムが6.8 g析出した。
- ② 塩化カリウムが118 g析出した。
- ③ 硝酸ナトリウムが89.5 g析出した。
- ④ 硝酸ナトリウムが170 g析出した。
- ⑤ 塩化ナトリウムが61.5 g析出した。
- ⑥ 塩化ナトリウムが81.3 g析出した。
- ⑦ 硝酸カリウムが92 g析出した。
- ⑧ 硝酸カリウムが180 g析出した。

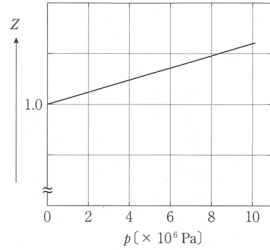
IV 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

実在気体が理想気体からどれだけかけ離れているかを表す値として、圧縮率因子 Z がある。圧縮率因子 Z は、圧力 p 、体積 V 、物質質量 n 、温度 T 、気体定数 R を用いて次式で表される。

$$Z = \frac{pV}{nRT}$$

理想気体では常に $Z = 1$ だが、実在気体では Z の値は必ずしも 1 とはならない。

右図は、温度 T が 300 K のときの、水素 H_2 の圧縮率因子 Z と圧力 p の関係を示したものである。この図に示した圧力範囲においては、 Z の値は $Z = 1 + kp$ ($k > 0$) の式で近似できる。ただし、 k は圧力によらない定数である。以下の問いにおいて、気体定数 R は $8.314 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とせよ。



問1 $Z = 1 + kp$ ($k > 0$) の近似が成り立つ条件下で、物質質量 n と温度 T を一定にしたまま圧力 p を変化させると、水素の体積 V は、理想気体と比べてどのように変化するか。 [17]

- ① 理想気体の場合より常に小さくなり、その差の絶対値は圧力 p が増えると増加する。
- ② 理想気体の場合より常に小さくなり、その差は圧力 p によらず一定である。
- ③ 理想気体の場合より常に小さくなり、その差の絶対値は圧力 p が増えると減少する。
- ④ 理想気体の場合より常に大きくなり、その差の絶対値は圧力 p が増えると増加する。
- ⑤ 理想気体の場合より常に大きくなり、その差は圧力 p によらず一定である。
- ⑥ 理想気体の場合より常に大きくなり、その差の絶対値は圧力 p が増えると減少する。

問2 圧力 p が $1.000 \times 10^7 \text{ Pa}$ 、温度 T が 300.0 K のとき、1.000 mol の水素の体積 V は 0.2640 L であった。上の近似式の定数 k の値は何 Pa^{-1} になるか。もっとも近い値を選べ。 [18]

- ① 2.9×10^{-10} ② 5.8×10^{-10} ③ 1.2×10^{-9} ④ 2.9×10^{-9}
- ⑤ 5.8×10^{-9} ⑥ 1.2×10^{-8} ⑦ 0.029 ⑧ 0.058
- ⑨ 1.029 ⑩ 1.058

問3 問2の状態から、温度 T を 300.0 K に保ったまま、水素の圧力 p を $1.000 \times 10^6 \text{ Pa}$ に下げると、水素の密度は問2の状態の何倍になるか。もっとも近い値を選べ。 [19]

- ① 0.080 ② 0.085 ③ 0.090 ④ 0.095 ⑤ 0.100
- ⑥ 0.105 ⑦ 0.110 ⑧ 0.115 ⑨ 0.120

問4 実在気体の圧力 p 、体積 V 、物質質量 n 、温度 T の関係を示す式の一つに、次式で表されるファンデルワールスの状態方程式がある。

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

ここで a は分子間に働く引力に関する定数である。また、実在気体においては、気体分子が動き回れる空間の正味の体積は、分子自身もつ体積により、見かけの体積 V よりも小さくなる。この減少分を排除体積と呼び、上の式では nb で表されている。 b は 1 mol あたりの排除体積を表す定数である。ここで分子間の引力が無いものと仮定して、定数 a を 0 とすると、上の式は、

$$p(V - nb) = nRT$$

となる。この式が成り立つとき、問2の温度と圧力において、水素の排除体積の大きさ nb は、見かけの体積 V の何%になるか。もっとも近い値を選べ。 [20]

- ① 0.055 ② 0.11 ③ 0.22 ④ 0.55 ⑤ 1.1
- ⑥ 2.2 ⑦ 5.5 ⑧ 11 ⑨ 22

V 次の文章を読み、問1、問2に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

天然のタンパク質を構成する α -アミノ酸は、 $R-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ で表される。 R は置換基であり、下表に示すように各アミノ酸により異なる構造をもつ。

アミノ酸の名称	-R(置換基)	アミノ酸の分子量
グリシン	-H	75
アラニン	-CH ₃	89
グルタミン酸	-(CH ₂) ₂ -COOH	147
リシン	-(CH ₂) ₄ -NH ₂	146
チロシン	-CH ₂ -	181
システイン	-CH ₂ -SH	121

化合物 A～F は、それぞれ以下に示すアミノ酸からなるジペプチドもしくはトリペプチドである。

- A グリシン-グリシン
- B グリシン-アラニン
- C グリシン-グルタミン酸
- D グリシン-リシン
- E グリシン-チロシン
- F グリシン-グリシン-システイン

問1 化合物 A～F の水溶液の一部をとり、それぞれに対して以下の a～d の操作を行った。

- a. 薄いニンヒドリン溶液を加えて温めた。
- b. 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にしたのち、薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えた。
- c. 濃硝酸を加えて加熱し、さらにアンモニア水を加えて塩基性にした。
- d. 水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱し、酢酸で中和したのち、酢酸鉛(II)水溶液を加えた。

これらについて、次の(1)、(2)の問いに答えよ。

(1) 化合物 A～F のすべてで呈色反応が見られた操作、化合物 E のみで呈色反応が見られた操作が順に並んでいるものはどれか。 [21]

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

(2) 操作 d で反応が見られた化合物と、その反応後の沈殿の色が順に並んでいるものはどれか。 [22]

- ① A, 紫 ② B, 黒 ③ B, 橙黄 ④ C, 黒 ⑤ C, 橙黄
- ⑥ D, 黒 ⑦ E, 橙黄 ⑧ E, 紫 ⑨ F, 黒 ⑩ F, 橙黄

問2 有機化合物中の窒素の質量は、ケルダール法と呼ばれる方法を用いて定量することができる。ケルダール法では、試料に含まれる窒素をアンモニアとして定量することにより窒素の含有量を求める。

化合物 A～E のうちの 1 つのジペプチドから、以下に示す実験結果を得た。

【実験】

ジペプチド 102 mg に濃硫酸と触媒を加えて加熱し、ジペプチドに含まれる窒素成分をすべて硫酸アンモニウムとした。これに十分量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、溶液中のアンモニウムイオンをすべて気体のアンモニアとして発生させた。発生したアンモニアをすべて 0.100 mol/L 硫酸 50.0 mL に吸収させた後、その溶液を 0.500 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、過不足なく中和するのに 18.0 mL を要した。

次の(1)、(2)の問いに答えよ。

(1) 上記の実験で発生したアンモニアは何 mol か。 [23]

- ① 1.00×10^{-4} ② 2.00×10^{-4} ③ 5.00×10^{-4} ④ 1.00×10^{-3}
- ⑤ 2.00×10^{-3} ⑥ 5.00×10^{-3} ⑦ 1.00×10^{-2} ⑧ 2.00×10^{-2}
- ⑨ 5.00×10^{-2} ⑩ 1.00×10^{-1}

(2) ここで用いたジペプチドは化合物 A～E のうちのどれか。 [24]

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E