

必要があれば、以下の原子量、定数および近似値を使うこと。

また、気体はすべて理想気体として扱うものとする。

H: 1.00 C: 12.0 N: 14.0 O: 16.0 F: 19.0 Na: 23.0

S: 32.0 Cl: 35.5 Cu: 64.0 Ag: 108 Ba: 137

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

気体定数: $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数: $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

水のイオン積: $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

$\sqrt{2} = 1.41$ $\sqrt{3} = 1.73$ $\log_{10} 2 = 0.300$ $\log_{10} 3 = 0.480$

第1問 次の問い(問1~7)に答えよ。【解答番号 ~ 】

問1 物質を構成する粒子に関する次の記述(ア~エ)について、正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。

ア 現在知られている原子は約120種類あり、これらのうち約90種類は天然に存在し、その他は人工的につくられたものである。

イ 原子核中の陽子と中性子の質量はほとんど同じであるが、わずかに中性子の質量が大きい。

ウ 放射性同位体である ^{14}C は5730年の半減期で、 β 線(原子核から放たれる高速の電子 e^-)を放出して ^{14}N に変化する。

エ 酸化二鉄(III)鉄(II)は、2種類の陽イオンと1種類の陰イオンが $\text{Fe}^{2+} : \text{Fe}^{3+} : \text{O}^{2-} = 1 : 2 : 4$ の整数比でイオン結合した化合物であるが、通常はその分子式を Fe_3O_4 で表し、四酸化三鉄とよんでいる。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問3 物質の状態に関する次の記述(ア~エ)について、正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。

ア 固体、液体、気体の3つの状態が共存する三重点では、融解、凝固、蒸発、凝縮、昇華などすべての状態変化が完全に停止している。

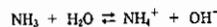
イ 液体とその気体を密閉容器に入れて加熱し、それらの温度と圧力を上昇させていくと臨界点に達し、これを超えた物質は超臨界流体になる。

ウ 臨界点を超えた状態(超臨界状態)では、物質は液体と固体の区別がなくなり、それらの中間的な性質をもつ状態になる。

エ 熱力学的に考えられる最低の温度である絶対零度(-273.15℃)では、理論上、物質を構成するすべての粒子の熱運動が完全に停止している状態であるとみなされる。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問2 質量数14の窒素原子(^{14}N)と質量数1の水素原子(^1H)のみからなる2.00 molのアンモニア($^{14}\text{N}^3\text{H}_3$)を、質量数2の水素原子(^2H)と質量数16の酸素原子(^{16}O)のみからなる7.00 molの水($^2\text{H}_2^{16}\text{O}$)に完全に溶解させた。十分長い時間放置した後、この溶液を加熱して溶解しているアンモニアをすべて気体として発生させた。このときに得られるアンモニア NH_3 の質量[g]として最も適当なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。ただし、アンモニアと水は混合物中では次の可逆反応が進行するものとし、水素原子には質量数の違いによる化学的性質の差はなく、各原子の相対質量はその原子の質量数に等しいものとする。 g



- ① 34.6 ② 35.2 ③ 35.8 ④ 36.4
 ⑤ 37.0 ⑥ 37.6 ⑦ 38.2 ⑧ 38.8
 ⑨ 39.4 ⑩ 40.0

問4 不純物として硫酸ナトリウムのみを含む硫酸アンモニウムの純度を決定する【操作1】~【操作5】の実験を行なった。この実験に関する下の記述(ア~エ)について、正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。

【操作1】 不純物を含む硫酸アンモニウム6.60 gに、ホールビペットを用いて2.00 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液50.0 mLを加えて加熱した。

【操作2】 【操作1】で発生する気体の全量を0.500 mol/Lの希塩酸300 mLに完全に吸収させた。

【操作3】 【操作2】で得られた溶液を500 mLのメスフラスコに移し、標線まで純水を加えた。

【操作4】 【操作3】でメスフラスコに調製した溶液の20.0 mLを、ホールビペットを用いて正確に三角フラスコにはかりとった。

【操作5】 【操作4】ではかり取った溶液にメチルオレンジを指示薬として加え、ビュレットに入れた0.200 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。

ア 【操作1】で使用する下線部(1)のガラス器具をメスシリンダーに変えても、硫酸アンモニウムの純度が正確な値で決定される。

イ 【操作3】で使用する下線部(2)のガラス器具を純水でぬれたまま使用すると、硫酸アンモニウムの純度が正確な純度より低い値で決定される。

ウ 【操作4】で使用する下線部(3)のガラス器具を純水でぬれたまま使用すると、硫酸アンモニウムの純度が正確な純度より高い値で決定される。

エ 【操作5】で使用する下線部(4)の指示薬をフェノールフタレインに変え、硫酸アンモニウムの純度が正確な純度より低い値で決定される。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問5 1.00 mol/Lの塩化銅(II)水溶液と0.500 mol/Lの硝酸銀水溶液をそれぞれ1.00 L入れた電解槽AとBを、図1のように直流電源に接続して1.93 Aの平均電流で電気分解した。このとき、電解槽Aの陰極に7.68 gの固体が析出し、電解槽Aから発生した気体の30.0%の体積を同温・同圧で占める気体が電解槽Bから発生した。電気分解した時間〔分〕として最も近いものを、下の①~④のうちから一つ選べ。ただし、生成する気体は水溶液には溶解せず、水の蒸発も起こらなかったものとする。 5 分

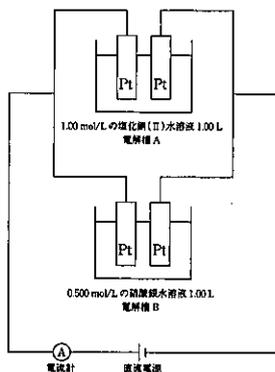


図1

- ① 200 ② 220 ③ 240 ④ 260
 ⑤ 280 ⑥ 300 ⑦ 320 ⑧ 340
 ⑨ 360 ⑩ 380

問6 二酸化炭素(気体)、水(気体)、メタン(気体)の生成熱は、それぞれ394 kJ/mol、242 kJ/mol、74.0 kJ/molである。また、O=O結合、O-H結合、C-H結合の結合エネルギーは、それぞれ498 kJ/mol、462 kJ/mol、414 kJ/molである。二酸化炭素に含まれるC=O結合の結合エネルギーの値〔kJ/mol〕として最も適当な数値を、次の①~④のうちから一つ選べ。
6 kJ/mol

- ① 178 ② 267 ③ 357 ④ 446
 ⑤ 536 ⑥ 625 ⑦ 715 ⑧ 804
 ⑨ 894 ⑩ 983

問7 平衡の移動に関する次の記述(A~ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。ただし、温度はすべての操作において常に一定に保たれ、固体の溶解による水溶液の体積変化はないものとする。 7

- ア アンモニア水に水を加えると、水酸化物イオンOH⁻の物質量が減るので、水溶液のpHが低下する。
 イ 化学平衡の状態にある四酸化二窒素N₂O₄と二酸化窒素NO₂の混合気体に、容積を一定に保ったままヘリウムを加えて圧力を高くすると、混合気体の赤褐色が薄くなる。
 ウ 酢酸水溶液に固体の酢酸ナトリウムを加えると、水素イオンH⁺(オキソニウムイオンH₃O⁺)の物質量が減るので、水溶液のpHが上昇する。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

第2問 次の問い(問1~7)に答えよ。〔解答番号 8 ~ 15〕

問1 自然現象と化学物質の関係に関する次の記述(A~エ)について、下線部が正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①~④のうちから一つ選べ。 8

- ア 温度が高い露天風呂の周囲では、水の蒸発によって発生した水蒸気が肉眼でも白く見える。
 イ 火山ガス中に含まれる硫化水素は二酸化硫黄や空気中の酸素によって酸化されるので、黄色い硫黄の結晶が火山の噴気口の周りなどに生じる。
 ウ クロム、鉄、チタンなどのイオンが微量に含まれる酸化アルミニウムは宝石であるルビー(紅玉)やサファイア(蒼玉)として自然界に産出する。
 エ 炭酸カルシウムは二酸化炭素を含んだ水と反応して水溶性の水酸化カルシウムとなるので、石灰岩(主成分は炭酸カルシウム)の分布する地域にはカルスト台地や鍾乳洞といった地形ができる。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問2 リンの単体と化合物に関する次の記述 (ア～ウ) について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

9

- ア 黄リンは二硫化炭素 CS_2 に溶けるが、赤リンは溶けない。
- イ カゼインはリン酸が結合した複合タンパク質であり、牛乳中に含まれる。
- ウ リンの酸化物やリン酸塩を主成分とする化合物を水と練って成形し、焼き固めてつくられた製品を一般にセラミックスという。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問3 ケイ素の単体と化合物に関する次の記述 (ア～ウ) について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

10

- ア ケイ素はその単体が天然に産出しないので、工業的には酸化物を高温で炭素により還元して製造している。
- イ 水晶、石英ガラス、ケイ砂は、いずれもケイ素原子 Si と酸素原子 O の共有結合 $Si-O$ が立体的に繰り返された二酸化ケイ素 SiO_2 の結晶である。
- ウ ケイ酸ナトリウム Na_2SiO_3 は、粘性の高い水あめ状の液体として存在するので、その純物質は水ガラスともよばれる。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問4 鉛の単体と化合物に関する次の記述 (ア～ウ) について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

11

- ア 鉛の単体は放射線や X 線の吸収力が大きいので、それらの遮蔽材料として用いられている。
- イ 鉛と酸化鉛 (IV) を希硫酸に浸した構造の電池は充電可能な二次電池として、スマートフォンやノートパソコンに搭載されている。
- ウ 融点が高い鉛とスズとの合金 (はんだ) が、かつては金属の接合に広く利用されていたが、近年は鉛を含まない合金 (無鉛はんだ) が使用されるようになっている。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問5 鉄の単体と化合物に関する次の記述 (ア～ウ) について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

12

- ア 鉄は地殻中に単体がアルミニウムに次いで 2 番目に多く含まれる金属である。
- イ ヘモグロビンは血液中の酸素運搬にはたらくタンパク質で、鉄を中心としたヘム色素を含む 4 つのポリペプチドが集まって四次構造をつくっている。
- ウ 鋼板を亜鉛で被覆したブリキと、スズで被覆したトタンでは、表面に傷がついて鉄が露出した場合、ブリキの方が錆びやすい。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問6 次の(a)~(f)の実験操作を行った。これらのうち、酸化還元反応が起こる操作の数は(A)種類、最も適切な捕集方法が水上置換である気体が発生する操作の数は(B)種類である。空欄(A)および(B)にあてはまる数値の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑨のうちから一つ選べ。
13

- (a) 亜硝酸アンモニウム水溶液を加熱する。
- (b) 亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加える。
- (c) 過酸化水素水に塩化鉄(III)水溶液を加える。
- (d) 炭化カルシウムに水を加える。
- (e) 濃塩酸を加熱する。
- (f) 尿素に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱する。

	(A)	(B)
①	2	1
②	2	2
③	2	3
④	3	1
⑤	3	2
⑥	3	3
⑦	4	1
⑧	4	2
⑨	4	3

問7 次の記述(A~イ)に最も関連が深い元素を、下の①~⑨のうちから一つずつ選べ。

ア リンの化合物は赤色LED(発光ダイオード)と緑色LED、窒素との化合物は青色LEDの材料として液晶画面のバックライト、信号機、照明などに広く利用されている。14

イ 自動車の排気ガスに含まれる有害物質を無害化する三元触媒の主成分として白金Pt、ロジウムRhとともに含まれ、窒素との化合物はアセトアルデヒドの工業的製造法(ワッカー法またはヘキストワッカー法)の触媒としても用いられている。15

- ① カドミウム Cd
- ② ガリウム Ga
- ③ ゲルマニウム Ge
- ④ コバルト Co
- ⑤ チタン Ti
- ⑥ バナジウム V
- ⑦ パラジウム Pd
- ⑧ ヒ素 As
- ⑨ ホウ素 B

第3問 次の問い(問1~7)に答えよ。(解答番号 16 ~ 25)

問1 自然界に存在する有機化合物に関する次の記述(A~エ)について、正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①~⑨のうちから一つ選べ。

16

- ア 水分子がつくる網目状構造にメタン分子が取り込まれた氷状の物質をメタンハイドレートといい、点火すると炎を上げて燃えることから「燃える氷」ともよばれている。
- イ 油田から採掘されたままの石油を原油といい、そのおよそ70~80%を占める主成分のベンゼンが原油の分留によって単離されている。
- ウ インジゴは植物の*Persicaria tinctoria*の葉から得られる青色の化合物であり、天然染料として「藍染め」に使用されている。
- エ セルロースは植物の細胞壁の主成分であり、炭素、水素、酸素からなる高分子化合物である。

- ① アとイ
- ② アとウ
- ③ アとエ
- ④ イとウ
- ⑤ イとエ
- ⑥ ウとエ
- ⑦ アとイとウ
- ⑧ アとイとエ
- ⑨ アとウとエ
- ⑩ イとウとエ

問2 炭素、水素、酸素を構成元素とする有機化合物Xの分析を行う装置を図1に示す。この実験装置に関する次のaとbに答えよ。

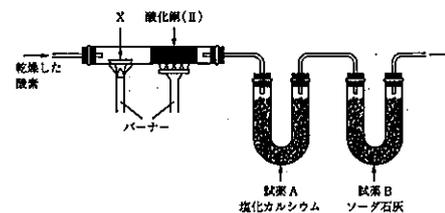


図1

a 図1の装置に、酸化銅(II)を入れずに同じ実験を行なったときの分析結果に関する次の記述(A~エ)として正しいものの組合せを、下の①~⑨のうちから一つ選べ。

ただし、試薬Aと試薬Bを通過した気体中に水素原子を含む気体は含まれていないものとする。17

- ア 有機化合物Xの炭素含有率は、正確な値より低い値で決定される可能性がある。
- イ 有機化合物Xの水素含有率は、正確な値で決定される。
- ウ 有機化合物Xの酸素含有率は、正確な値より高い値で決定される可能性がある。
- エ 有機化合物Xの炭素含有率、水素含有率、酸素含有率は、いずれも正確な値を決定することができない。

- ① アとイ
- ② アとウ
- ③ アとエ
- ④ イとウ
- ⑤ イとエ
- ⑥ ウとエ
- ⑦ アとイとウ
- ⑧ アとイとエ
- ⑨ アとウとエ
- ⑩ イとウとエ

- b 図1の装置を用いて、70.0 mgの有機化合物Xを乾燥した酸素の気流中で完全燃焼し、試験Aの質量が54.0 mg、試験Bの質量が176 mg増加したときに考えられる芳香族化合物の組成式と分子式の組合せを、下の①~⑩のうちから一つ選べ。 18

	組成式	分子式
①	C ₂ H ₃ O	C ₂ H ₃ O
②	C ₂ H ₃ O ₂	C ₄ H ₆ O ₂
③	C ₂ H ₃ O	C ₆ H ₁₂ O ₄
④	C ₂ H ₃ O	C ₁₂ H ₁₈ O ₅
⑤	C ₃ H ₄ O	C ₃ H ₄ O
⑥	C ₃ H ₄ O	C ₆ H ₈ O ₂
⑦	C ₃ H ₄ O	C ₁₂ H ₁₆ O ₄
⑧	C ₄ H ₆ O	C ₄ H ₆ O
⑨	C ₄ H ₆ O	C ₈ H ₁₂ O ₂
⑩	C ₄ H ₆ O	C ₁₂ H ₁₈ O ₃

- 問3 4-クロロ-1-ブテン C₄H₇Cl (CH₂=CH-CH₂-CH₂-Cl)のH原子2個をBr原子に置換した化合物 C₄H₅Br₂Clには複数の構造異性体が考えられる。それらのうち、(A)種類にシストランス異性体(幾何異性体)が存在し、(B)種類に鏡像異性体(光学異性体)が存在する。空欄(A)および(B)にあてはまる数字の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑩のうちから一つ選べ。 19

	(A)	(B)
①	2	5
②	2	6
③	2	7
④	3	5
⑤	3	6
⑥	3	7
⑦	4	5
⑧	4	6
⑨	4	7

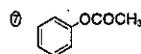
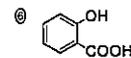
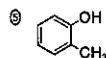
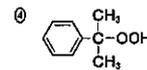
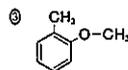
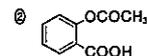
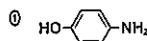
- 問4 次の(a)~(f)の実験操作を行った。これらの実験操作のうち、標準状態(0℃、1.013 × 10⁵ Pa)において、水に溶けにくい固体の有機化合物が主に得られる操作は 20、水に溶けやすい液体の有機化合物が主に得られる操作は 21、気体の有機化合物が主に得られる操作は 22である。空欄 20 ~ 22 にあてはまる操作または操作の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩のうちから一つずつ選べ。

- (a) エチン(アセチレン)を赤熱した鉄に触れさせて、その3分子を重合させる。
 (b) エテン(エチレン)に塩基性の条件下で、過マンガン酸カリウム水溶液を加えて、2個のヒドロキシ基を付加させる。
 (c) 加熱した濃硫酸にメタノールを少しずつ加えて分子間脱水させる。
 (d) ニトロベンゼンにスズと濃塩酸を加えて油滴が見えなくなるまで加熱して還元する。
 (e) ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱し、ベンゼン環上の水素原子の1つを、硫黄原子が1原子だけ含まれる官能基に置換する。
 (f) メタノールを加熱した銅または白金を触媒に用いて空气中でおだやかに酸化する。

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

- 問5 次の記述(ア~カ)のいずれにも該当しない芳香族化合物を、下の①~⑩のうちから一つ選べ。 23

- ア 塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色し、炭酸水素ナトリウム水溶液に塩をつくって溶解する。
 イ 塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色し、希塩酸に塩をつくって溶解する。
 ウ 塩化鉄(III)水溶液を加えても呈色しないが、炭酸水素ナトリウム水溶液に塩をつくって溶解する。
 エ 水酸化ナトリウム水溶液に溶けにくく、ベンゼン環のH原子1個をBr原子に置換した化合物が4種類考えられる。
 オ 炭酸水素ナトリウム水溶液とは反応しないが、希塩酸中で加熱すると異なる2種類の弱酸性化合物が生成する。
 カ 炭酸水素ナトリウム水溶液とは反応しないが、希硫酸中で加熱すると弱酸性化合物と中性化合物が生成する。



問6 糖類に関する次の記述(ア～ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑩のうちから一つ選べ。 24

ア 二糖類の水溶液のうち、スクロースの水溶液だけは還元性を示さないが、マルトースやトレハロースなど他の二糖類の水溶液は還元性を示す。

イ ヨウ素 I_2 の酸化還元反応を利用した酸化還元滴定(ヨウ素滴定)の指示薬として加えるデンプン水溶液には、主にアミロースが含まれている。

ウ RNA(リボ核酸)に含まれるリボースとデンプンに含まれるグルコースは同じ分子式($C_6H_{12}O_6$)で示される構造異性体であるが、DNA(デオキシリボ核酸)に含まれるデオキシリボースの分子式はこれらとは異なる。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問7 1955年にイギリスの(A)は、ウシのインスリン(膵臓でつくられる血糖値を低下させる作用をもつタンパク質)の(B)を決定し、初めてタンパク質の構造を明らかにした。現在では、ヒトのインスリンが遺伝子操作により大量に合成され、糖尿病の治療薬として用いられている。空欄(A)と(B)にあてはまる人名および語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑩のうちから一つ選べ。 25

	(A)	(B)
①	サンガー	α -アミノ酸配列順序
②	サンガー	DNA塩基配列
③	サンガー	二重らせん構造
④	ファラデー	α -アミノ酸配列順序
⑤	ファラデー	DNA塩基配列
⑥	ファラデー	二重らせん構造
⑦	ワトソンとクリック	α -アミノ酸配列順序
⑧	ワトソンとクリック	DNA塩基配列
⑨	ワトソンとクリック	二重らせん構造

Windom