

※一般は物理・化学・生物から2科目選択
学士は化学・生物の2科目

試験時間 2科目 100分

物理 1～10 ページ

化学 11～19 ページ

生物 20～37 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・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、シャープペンシルで、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。

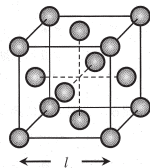
I 次の問1～問8に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

問1 天然のホウ素には、 ^{10}B と ^{11}B の同位体のみが存在し、相対質量は、それぞれ10.01と11.01である。また、ホウ素の原子量は10.81である。天然のホウ素原子1.0 molに含まれる中性子は何 mol か。もっとも近い値を選べ。 1

- ① 5.1 ② 5.2 ③ 5.3 ④ 5.4 ⑤ 5.5
⑥ 5.6 ⑦ 5.7 ⑧ 5.8 ⑨ 5.9 ⑩ 6.0

問2 銅の結晶構造は、図に示すような面心立方格子である。この結晶の単位格子の一边の長さ l (cm)、銅のモル質量 M (g/mol)、密度 d (g/cm³) から、アボガドロ定数 N_A (mol) を求める式はどれか。ただし、 l と d は同じ温度での値とする。 2

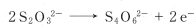
- ① $N_A = \frac{M}{d^3 l}$ ② $N_A = \frac{M}{d l^3}$
③ $N_A = \frac{d l^3}{M}$ ④ $N_A = \frac{2M}{d^3 l}$
⑤ $N_A = \frac{2M}{d l^3}$ ⑥ $N_A = \frac{2d l^3}{M}$
⑦ $N_A = \frac{4M}{d^3 l}$ ⑧ $N_A = \frac{4M}{d l^3}$
⑨ $N_A = \frac{4d l^3}{M}$



問3 純水中のすべての水分子の個数に対する、オキソニウムイオン H_3O^+ の個数の割合は何%か。次のうちから、もっとも近いものを選べ。ただし、純水の pH は 7.0、密度は 1.0 g/cm^3 、水の分子量は 18 とする。 3

- ① 1.8×10^{-9} ② 3.6×10^{-9} ③ 5.6×10^{-9} ④ 1.0×10^{-8}
⑤ 1.8×10^{-8} ⑥ 3.6×10^{-8} ⑦ 5.6×10^{-8} ⑧ 1.0×10^{-7}
⑨ 1.8×10^{-7} ⑩ 2.0×10^{-7}

問4 濃度未知の過酸化水素水 a (mL) に、硫酸酸性下で、過剰量のヨウ化カリウム KI 水溶液を反応させたところ、ヨウ素 I_2 の生成により、水溶液が褐色になった。この水溶液を、デンプン水溶液を指示薬として、濃度 b (mol/L) のチオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液で酸化還元滴定を行ったところ、水溶液が無色になるまでに c (mL) を要した。この過酸化水素水の濃度 (mol/L) を a 、 b 、 c を用いて表した式は、次のうちどれか。なお、チオ硫酸ナトリウムの半反応式(電子 e^- を含むイオン反応式)は次の式で表される。



- 4
- ① $\frac{bc}{a}$ ② $\frac{2bc}{a}$ ③ $\frac{bc}{2a}$ ④ $\frac{a}{bc}$ ⑤ $\frac{2a}{bc}$

問5 金属陽イオンとして、鉄(II)イオンのみを含む水溶液と、鉄(III)イオンのみを含む水溶液がある。これらのうち、どちらか一方にだけ当てはまる記述はどれか。 5

- 塩酸を加えると、沈殿が生じる。
- 塩酸を加えて、硫化水素を通じると、濁る。
- 硫化水素を通じながらアンモニア水を加えると、沈殿が生じる。
- 少量のアンモニア水を加えると、沈殿が生じる。
- 少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、沈殿が生じる。

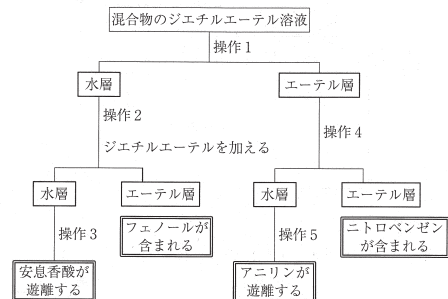
問6 常温で水に溶けにくい塩基性酸化物はどれか。 6

- ① 酸化カルシウム ② 酸化アルミニウム ③ 酸化マグネシウム
④ 二酸化ケイ素 ⑤ 七酸化二塩素

問7 α -アミノ酸 A は、分子式 $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$ で表される。A は、pH が 1 以下の酸性水溶液中では、ほぼイオン B となり、pH が 11 以上の塩基性水溶液中では、ほぼイオン C となる。また、A を無水酢酸と反応させると、D と酢酸が得られる。D に酸を触媒としてエタノールを反応させると、E が得られる。A～E に関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 7

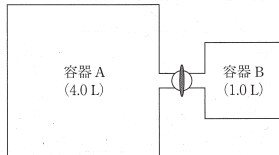
- A の水溶液に、希薄な水酸化ナトリウム水溶液と希薄な硫酸銅(II)水溶液を少量加えると、赤紫色を呈する。
 - イオン B を含む酸性水溶液を電気泳動すると、イオン B は陽極側に移動する。
 - A の等電点におけるイオン B とイオン C の濃度は等しい。
 - D の水溶液は水酸化ナトリウム水溶液で滴定することで濃度を求めることができる。
 - E は有機溶媒に溶けにくく、水に溶けやすい。
- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ a, e ⑤ b, c
⑥ b, d ⑦ b, e ⑧ c, d ⑨ c, e ⑩ d, e

問8 アニリン、安息香酸、ニトロベンゼン、フェノールを、ジエチルエーテルに溶解させた混合溶液がある。この溶液について、下図に示した分離操作を行った。図中の操作1～5には、下の操作 a～c のいずれかが当てはまる。操作1～5が順に並んでいるものを選べ。 8



- 希塩酸を加える。
 - 水酸化ナトリウム水溶液を加える。
 - 二酸化炭素を十分に通じる。
- ① a, b, c, b, a ② a, b, c, b, c ③ a, c, b, b, a
④ a, c, b, b, c ⑤ b, a, c, a, b ⑥ b, a, c, c, a
⑦ b, c, a, a, b ⑧ b, c, a, c, a ⑨ c, b, a, a, b
⑩ c, b, a, b, a

II 下図のように容積 4.0 L の容器 A と容積 1.0 L の容器 B が、容積は無視できるコック付き連結器でつながっている。次の問 1～問 3 に答えよ。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、1 気圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、水の分子量は 18 とする。また、液体の水の体積は無視できるものとする。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。



問 1 次の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 真空の容器 A、B にそれぞれ 0.90 g の水を入れ、コックを開いた状態で全体を 100℃ に保った。このときの容器内の圧力は何 Pa か。もっとも近い値を選べ。 9
- ① 6.2×10^3 ② 3.1×10^4 ③ 3.9×10^4 ④ 6.2×10^4 ⑤ 7.7×10^4
 ⑥ 3.1×10^5 ⑦ 3.9×10^5 ⑧ 6.2×10^5 ⑨ 7.7×10^5 ⑩ 3.1×10^6

- (2) 新たな真空の容器 A、B にそれぞれ 0.90 g の水を入れ、コックを閉じた状態で全体を 100℃ に保った。このときの容器 A 内の圧力を P_A 、容器 B 内の圧力を P_B としたとき、 P_A/P_B の値は次のうちどれか。もっとも近い値を選べ。 10
- ① 0.19 ② 0.25 ③ 0.39 ④ 0.50
 ⑤ 2.0 ⑥ 2.5 ⑦ 3.9 ⑧ 4.0

問 2 真空の容器 A と B に対して次の操作を順に行った。

- 操作 1. コックを閉じて、温度を 27℃ に保った状態で、容器 A に酸素を、容器 B には窒素をそれぞれ $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ となるように入れた。
- 操作 2. コックを開いて、容器 A を 127℃、容器 B を 27℃ に保ち、両方の容器の圧力が等しくなるまで十分な時間をおいた。

- 操作 2 の後の容器内の圧力は何 Pa か。もっとも近い値を選べ。ただし、容器 A と B の間で熱の移動はないものとする。 11
- ① 1.2×10^5 ② 1.5×10^5 ③ 2.5×10^5 ④ 3.0×10^5 ⑤ 3.5×10^5
 ⑥ 1.2×10^6 ⑦ 1.5×10^6 ⑧ 2.5×10^6 ⑨ 3.0×10^6 ⑩ 3.5×10^6

- 問 3 真空の容器 A と B の間のコックを閉じ、温度を 27℃ に保った状態で、容器 A に酸素を $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ となるように入れ、容器 B にはプロパンを $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ となるように入れた。コックを開いた後、容器 A と B 内の混合気体に点火し、容器内のプロパンを完全燃焼させた。その後、容器を 27℃ に保ったところ、容器内には液体の水が存在していた。その質量は何 g か。もっとも近い値を選べ。なお、27℃ における水の飽和蒸気圧を $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ とし、水への気体の溶解は無視できるものとする。 12
- ① 0.31 ② 0.32 ③ 1.1 ④ 2.1 ⑤ 2.8
 ⑥ 2.9 ⑦ 5.5 ⑧ 5.7 ⑨ 5.8 ⑩ 11

III 電気分解と電池に関する、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 次の電気分解のうちから、水の電気分解になるもの(全体の反応が、 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ と書けるもの)を 2 つ選べ。 13
- a. 白金電極による、水酸化ナトリウム水溶液の電気分解
 b. 陰極に鉄、陽極に炭素棒を用いた、食塩水の電気分解
 c. 炭素棒電極による、塩化銅(II)水溶液の電気分解
 d. 銅電極による、硝酸ナトリウム水溶液の電気分解
 e. 白金電極による、希硫酸の電気分解
- 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 2 硝酸銀水溶液 500 mL を白金電極で電気分解したところ、陰極に銀(原子量 108)が析出し、陰極の質量が 0.540 g 増加した。濃度を均一にした後の、この水溶液(25℃)の計算上の pH にもっとも近い値を選べ。ただし、この電気分解による水溶液の体積変化は無視できるものとする。 14
- ① 2 ② 4 ③ 6 ④ 8
 ⑤ 10 ⑥ 12 ⑦ 14

- 問 3 どちらの電極にも硫酸鉛(II) PbSO_4 が付着していない状態の鉛蓄電池を放電したところ、正極の質量が 0.321 g 増加した。次に、その状態の鉛蓄電池を電源につないで 0.100 A の電流を流し続けると、計算上は何秒間で充電が完了するか。もっとも近い値を選べ。ただし、原子量は、Pb 207、S 32.1、O 16.0 とする。また、ファラデー定数 F を $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。 15
- ① 4.8×10^2 ② 9.6×10^2 ③ 1.9×10^3 ④ 4.8×10^3 ⑤ 9.6×10^3
 ⑥ 1.9×10^4 ⑦ 4.8×10^4 ⑧ 9.6×10^4 ⑨ 1.9×10^5 ⑩ 4.8×10^5

- 問 4 ダニエル電池に関する次の記述のうちから、正しいものを 2 つ選べ。 16
- a. 長時間の放電を可能にするには、負極の水溶液の硫酸亜鉛の濃度を高くする。
 b. 負極を亜鉛よりもイオン化傾向の小さいニッケルに交換し、負極の水溶液を硫酸ニッケル(II)水溶液に交換すると、起電力は小さくなる。
 c. 正極活物質は単体の銅であり、負極活物質は単体の亜鉛である。
 d. ダニエル電池とボルタ電池を比べると、正極で起こる反応は同じだが、負極で起こる反応は互いに異なる。
 e. 素焼き板、またはセロハンを通った亜鉛イオンの物質量と硫酸イオンの物質量が、ともに 1 mol であり、電荷の移動が速やかに起こり両電極の水溶液が常に電気的中性を保っていると仮定すると、両電極間を移動した電子の物質量は 4 mol 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

IV 銅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。

銅は、鉄、アルミニウムなどとともに、大量に生産され、使用されている金属の一つであり、銅や鉄の化合物を含む黄銅鉱などから製錬して得られる。黄銅鉱にケイ砂などを加えて加熱すると化合物Aが得られる。これを融解したまま転炉に移し、空気を吹き込みながら強熱すると、粗銅が得られるが、これには、鉄、銀などの不純物が含まれているため、電解精錬を行い、純度99.99%以上の純銅を得る。

問1 文中下線部の化合物Aの化学式はどれか。 17

- ① CuCl_2 ② CuCO_3 ③ CuO ④ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ⑤ Cu_2S

問2 粗銅と純銅を電極に用い、硫酸酸性にした硫酸銅(II)水溶液を電解液に用いて、0.2~0.5Vで電解精錬を行った。粗銅に含まれていた鉄、銀はどうなるか。 18

- ① 鉄、銀ともにイオンとなって溶けだし、鉄、銀ともに純銅の電極上に析出する。
 ② 鉄はイオンとなって溶けだすが、銀は陽極から落ちて下にたまる。
 ③ 鉄はイオンとなって溶けだすが、銀は陰極から落ちて下にたまる。
 ④ 銀はイオンとなって溶けだすが、鉄は陽極から落ちて下にたまる。
 ⑤ 銀はイオンとなって溶けだすが、鉄は陰極から落ちて下にたまる。
 ⑥ 鉄、銀ともに粗銅に残り、粗銅からは銅だけがイオンとなって溶けだす。

問3 銅の反応に関する次の記述のうちから、正しいものを2つ選べ。 19

- a. 希硫酸を加えると、無色で刺激臭のある気体を発生しながら溶ける。
 b. 希塩酸を加えると、黄緑色で刺激臭のある気体を発生しながら溶ける。
 c. 濃硝酸を加えると、赤褐色で有毒な気体を発生しながら溶ける。
 d. 空气中で1000℃以上に加熱すると、黒色の酸化銅(I)が生成する。
 e. 湿った空気中では、徐々に酸化され、緑色のさび(緑青)を生じる。
- 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4 日本の硬貨の多くは銅の合金からできている。5円硬貨に使われている黄銅は、銅と(ア)との合金であり、100円硬貨に使われている白銅は、銅と(イ)との合金である。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。 20

- ① 亜鉛、スズ ② 亜鉛、鉄 ③ 亜鉛、ニッケル
 ④ 鉄、亜鉛 ⑤ 鉄、スズ ⑥ 鉄、ニッケル
 ⑦ スズ、亜鉛 ⑧ スズ、鉄 ⑨ スズ、ニッケル
 ⑩ ニッケル、亜鉛

V 分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ で表される芳香族化合物に関する次の問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。

問1 分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ で表される芳香族化合物のうち、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素を発生しながら溶解するものについて考える。各々のベンゼン環の水素原子1個を臭素原子で置換した構造異性体は、全部で何種類考えられるか。 21

- ① 6 ② 7 ③ 8 ④ 9 ⑤ 10
 ⑥ 11 ⑦ 12 ⑧ 13 ⑨ 14 ⑩ 15

問2 化合物A、B、Cは、分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ で表される芳香族化合物である。これらの化合物は次の反応を示す。ただし、ベンゼン環に炭素原子が直接結合した側鎖は、過マンガン酸カリウムによる十分な酸化のちに酸性にすることによって、カルボキシ基に変化する。

反応1. AとBそれぞれを、過マンガン酸カリウムで十分に酸化したのちに酸性にすると、AからはD、BからはEが得られる。

反応2. A、D、Eそれぞれに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、いずれの化合物も二酸化炭素を発生しながら溶解する。

反応3. Bにアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると、銀鏡が生じる。

反応4. Dは、反応1と同様の操作をトルエンに対して行うことによっても得られる。

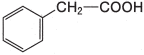
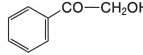
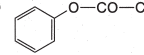
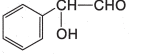
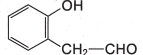
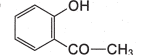
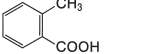
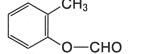
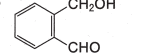
反応5. Eを加熱すると、無水フタル酸が得られる。

反応6. Cに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、けん化により、芳香族化合物であるFが得られる。

反応7. Fに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を高温で作用させると、ピクリン酸が得られる。

化合物A、B、Cの構造式はどれか。

化合物Aは 22、化合物Bは 23、化合物Cは 24 である。

- ①  ②  ③ 
 ④  ⑤  ⑥ 
 ⑦  ⑧  ⑨ 
 ⑩ 