

選択科目

(医学部)

— 2月3日 —

物理
化学
生物

この中から1科目を選択して解答しなさい。

科目	問題のページ
物理	1～8
化学	9～16
生物	17～27

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

解答に必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Si = 28.0, S = 32.0, Cl = 35.5

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

1 元素の同位体に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 次の(ア)～(オ)の記述のうち、正しいものはいくつあるか。A～Eの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) 同位体は化学的性質がほぼ同じである。
- (イ) 天然に存在する元素はすべて同位体をもつ。
- (ウ) 放射性同位体の半減期は、温度や圧力の影響で、わずかながら変化する。
- (エ) ある放射性同位体から発生する放射線は、がんの治療に利用されている。
- (オ) 放射性同位体が発するアルファ線は透過力が強く、アルミ板を透過する。

A. 1つ B. 2つ C. 3つ D. 4つ E. 5つ

問2 天然の炭素は ^{12}C を存在比として98.93%含み、残りは ^{13}C と微量の ^{14}C から成る。地球で起きているいくつかの過程の結果、生きている植物には放射性同位体である ^{14}C が一定量含まれる。次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 炭素の原子量はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、 ^{12}C と ^{13}C の相対質量はそれぞれ、12.000と13.000であるとし、 ^{14}C の存在比は無視できるものとする。

A. 12.011 B. 12.012 C. 12.013 D. 12.014 E. 12.015

(2) 放射性同位体 ^{14}C に関する次の(ア)～(オ)の記述のうち、正しいものはいくつあるか。A～Eの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) ^{14}C は大気中の ^{12}C と宇宙線が衝突して発生する。
- (イ) ^{14}C は地球内部で発生し、 CO_2 の形で大気に放出される。
- (ウ) 大気中の ^{14}C の存在比は、半減期の時間が過ぎると、半分に低下する。
- (エ) 植物が ^{14}C を取り込む際は、 ^{14}C は地中から有機物として取り込まれる。
- (オ) 植物は生きている間は、 ^{14}C を取り込み続ける。

A. 1つ B. 2つ C. 3つ D. 4つ E. 5つ

(3) ある遺跡から出土した木片の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比 (^{14}C と ^{12}C の存在率の比) を測定したところ、現代の樹木の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比の 16 分の 1 であった。この木片は何年前のものと考えられるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、 ^{14}C の半減期は 5730 年とする。

- A. 1 万 1 千年前 B. 1 万 2 千年前 C. 1 万 7 千年前
 D. 2 万 1 千年前 E. 2 万 3 千年前

問 3 次の A～E には一つだけ放射性同位体がある。安定な原子核は、中性子数の陽子数に対する比が概ね同じ値を示すが、その値が大きくなると不安定になり、別の原子に変化する傾向がある。このことを考慮すると、放射性同位体と考えられるものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. $^{46}_{20}\text{Ca}$ B. $^{68}_{28}\text{Ni}$ C. $^{70}_{36}\text{Zn}$ D. $^{83}_{36}\text{Kr}$ E. $^{102}_{44}\text{Ru}$

2

ダイヤモンドは、それぞれの炭素原子が4個の炭素原子と正四面体をつくるように共有結合してできた結晶である。その単位格子は下図に示すような立方体である。単体のケイ素も同様の立体構造をもつ。二酸化ケイ素はいくつかの結晶構造をとるが、そのうちの1つはダイヤモンドのC-C結合をSi-O-Si結合で置き換えた構造になっている。

以下の各問いに答えなさい。

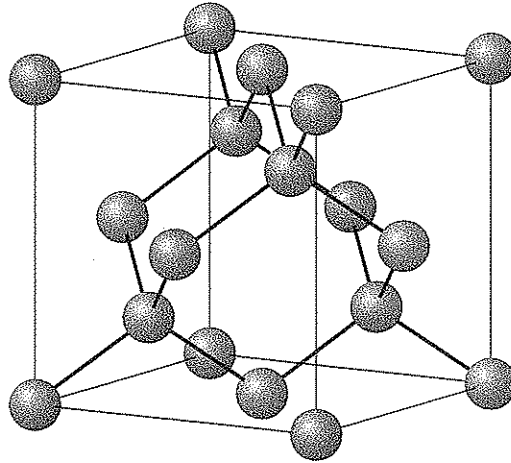


図 ダイヤモンドの結晶の単位格子

問1 ダイヤモンドの結晶の密度はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、ダイヤモンドの結晶の単位格子の1辺の長さを 3.56×10^{-8} cm とする。

- A. 1.77 g/cm^3 B. 2.65 g/cm^3 C. 3.13 g/cm^3 D. 3.53 g/cm^3
 E. 4.30 g/cm^3

問2 単体のケイ素のSi-Si結合の距離は何cmか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、ケイ素の結晶の単位格子の1辺の長さを 5.43×10^{-8} cm とし、 $\sqrt{3} = 1.73$ を用いなさい。

- A. 1.73×10^{-8} cm B. 2.03×10^{-8} cm C. 2.35×10^{-8} cm
 D. 2.71×10^{-8} cm E. 3.46×10^{-8} cm

問3 ダイヤモンド型の結晶構造をとる二酸化ケイ素の密度はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、ダイヤモンド型の結晶構造をとる二酸化ケイ素の単位格子の1辺の長さを、 7.16×10^{-8} cm とする。

- A. 1.74 g/cm^3 B. 2.17 g/cm^3 C. 2.71 g/cm^3 D. 3.48 g/cm^3
 E. 4.34 g/cm^3

問4 共有結合の結晶に関する次の記述の中で正しいものはどれか。最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

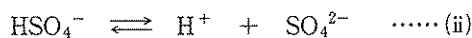
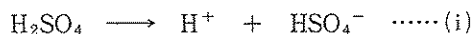
- A. 共有結合の結晶では、全体が1個の大きな分子と考えられる。
- B. 共有結合の結晶は、分子式で表す。
- C. 共有結合の結晶の結晶構造は、ダイヤモンド型である。
- D. 共有結合の結晶は、電気を通しやすいものが多い。
- E. 共有結合の結晶は、融点が低く軟らかい。

問5 ダイヤモンド、ケイ素、二酸化ケイ素に関する次の記述の中で誤っているものはどれか。一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. ダイヤモンドは熱伝導率が高い。
- B. ダイヤモンドは高温高圧下で、黒鉛から合成できる。
- C. ケイ素の単体は、天然に多量に存在している。
- D. ケイ素の単体は、非晶質（アモルファス）の状態をとることができる。
- E. 二酸化ケイ素は、石英・水晶・ケイ砂などとして天然に存在する。
- F. 二酸化ケイ素は、光ファイバーの原料になる。

3 濃硫酸や希硫酸の性質や反応に関する、以下の各問いに答えなさい。

なお、硫酸は水の中で次のように2段階に電離して、電離平衡に達する。



式(i)の H_2SO_4 の電離度は1であり、式(ii)の HSO_4^- の電離定数は $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である。

問1 濃硫酸は吸湿性が強く、乾燥剤に用いられる。次の(ア)～(オ)の反応で発生する気体中の水分を除くのに、濃硫酸を用いるのが不適切なものはどれか。すべて選んで解答欄に(ア)～(オ)の記号を書きなさい。

- (ア) 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて生じる気体
- (イ) 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えて生じる気体
- (ウ) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して生じる気体
- (エ) 銅に濃硝酸を加えて生じる気体
- (オ) 硫化鉄(II)に希硫酸を加えて生じる気体

問2 濃硫酸をスクロース($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)に加えると、濃硫酸の脱水作用によってスクロースが黒変する。この反応の反応式を書きなさい。

問3 濃硫酸5.00 gを水で薄めて0.500 Lの希硫酸Xをつくった。10.0 mLの希硫酸Xに0.100 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下して中和滴定したところ、19.8 mLで終点に達した。次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 用いた濃硫酸の質量パーセント濃度は何%か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 94.0% B. 95.0% C. 96.0% D. 97.0% E. 98.0%

(2) 希硫酸Xでは式(ii)の HSO_4^- の電離度は0.085である。 $[\text{HSO}_4^-]/[\text{SO}_4^{2-}]$ 比はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 3 B. 5 C. 7 D. 9 E. 11 F. 13

(3) 希硫酸Xをさらに水で薄めると、 $[\text{HSO}_4^-]/[\text{SO}_4^{2-}]$ 比は2.0となった。このときの硫酸の濃度は何 mol/Lか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ B. $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ C. $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
 D. $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ E. $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

4 分子式が $C_5H_{10}O$ である有機化合物 (ア) ~ (カ) がある。化合物 (ア) は五角形の環状構造、化合物 (イ) は六角形の環状構造をもつ。化合物 (ウ) ~ (カ) はいずれも環状構造をもたず、また炭素鎖に枝分れ構造はない。化合物 (カ) は還元性をもち、酸化するとカルボン酸 (キ) を生じる。

いま、化合物 (ア) ~ (カ) に金属のナトリウムを反応させたところ、化合物 (ア) と (オ) からは水素が発生した。また、ヨードホルム反応を行ったところ、化合物 (ウ) と (オ) では黄色い沈殿が生じた。一方、触媒を用いて水素を付加させたところ、化合物 (エ) と (オ) には水素が付加し、化合物 (ク) と化合物 (ケ) がそれぞれ得られた。化合物 (エ) と (オ) をオゾン分解したところ、炭素原子間の二重結合が切れて、いずれの化合物からも 2 種類のアルデヒドが生じた。これらの中には、いずれもホルムアルデヒドが含まれていた。

以下の各問いに答えなさい。

問1 化合物 (ア) ~ (カ) のうち、エーテル結合をもつものはいくつあるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1つ B. 2つ C. 3つ D. 4つ E. 5つ F. 6つ

問2 ある質量の化合物 (ア) と十分な量のナトリウムとの反応で生じる水素の物質量を x mol とし、同じ質量の化合物 (エ) に付加することができる水素の物質量を y mol とする。 x と y の比はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. $x:y=1:1$ B. $x:y=1:2$ C. $x:y=1:3$ D. $x:y=1:4$
 E. $x:y=2:1$ F. $x:y=3:1$ G. $x:y=4:1$

問3 化合物 (ア) とカルボン酸 (キ) からできるエステルの構造式を、価標を省略せず書きなさい。

問4 化合物 (ク), (ケ) と同じ分子式をもつ構造異性体は、化合物 (ク) と (ケ) を含めて全部でいくつあるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 6 B. 8 C. 10 D. 12 E. 14 F. 16

問5 化合物 (オ) の構造式を、価標を省略せず書きなさい。

5

以下の各問いに答えなさい。

問1 自由に動くピストンのついたシリンダー内に、プロパン 4.4 g と酸素 20 g を入れて、温度を 27°C に保った。次の(1)、(2)に答えなさい。ただし、大気圧を 1.0×10^5 Pa とする。

(1) シリンダー内の混合気体の体積は何 L か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

A. 2.5 L B. 7.5 L C. 15 L D. 18 L E. 25 L

(2) シリンダー内の混合気体を完全燃焼させ、温度を 27°C に保った。このときのシリンダー内の混合気体の体積は何 L か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、27°C の水の蒸気圧を 3.6×10^3 Pa とし、生成した液体の体積は無視できるとする。

A. 3.2 L B. 7.7 L C. 11 L D. 18 L E. 21 L

問2 2種類以上の金属を混合させて作られる合金は、純粋な金属単体では得られない優れた性質をもち、金属素材として広く利用されている。次の金属元素のうち、ジュラルミン、青銅、黄銅、ステンレス鋼のいずれにも主要な成分として含まれない金属元素はどれか。一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

A. マグネシウム B. アルミニウム C. 鉄 D. ニッケル
E. コバルト F. 銅 G. 亜鉛

問3 水 100 g に塩化ナトリウムと尿素 ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) の混合物 1.0 g を溶かした水溶液の凝固点を、大気圧 1.013×10^5 Pa のもとで測定すると -0.56°C であった。この混合物に含まれる尿素は何 g か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、塩化ナトリウムは完全に電離しているものとし、水のモル凝固点降下を $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg}/\text{mol}$ とする。

A. 0.22 g B. 0.26 g C. 0.30 g D. 0.34 g E. 0.38 g

化 学

問4 ペニシリンGは、下図に示す構造式の抗生物質である。

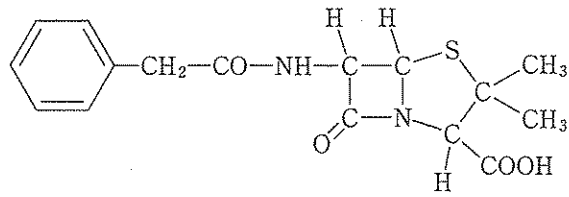


図 ペニシリンG

ペニシリンGの成分元素の検出に関する次の(ア)～(オ)の記述のうち、正しいものはいくつあるか。A～Eの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) 完全燃焼させて生じる気体を石灰水に通じると白濁する。
- (イ) 完全燃焼させて生じる気体を硫酸銅(Ⅱ)無水物に吹きかけると硫酸銅(Ⅱ)が青変する。
- (ウ) ソーダ石灰と共に加熱して生じる気体を濃塩酸に近づけると白煙を生じる。
- (エ) 黒く焼いた銅線につけて炎に入れると青緑色の炎色が観察される。
- (オ) ナトリウムと加熱して得られる残渣を水に溶解し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿を生じる。

A. 1つ B. 2つ C. 3つ D. 4つ E. 5つ