

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2 月 2 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	1～7
化	学	9～18
生	物	20～33

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, O = 16.0, S = 32.1, K = 39.1, I = 127, Pb = 207,

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： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$,

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, 電気素量： $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

1

原子と分子に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 原子説に関する次の文章を読んで、文章中の空欄（ア）と（ウ）に当てはまる人名と、（イ）と（エ）に当てはまる法則名を、解答欄に書きなさい。

ラボアジエは「化学変化の前後で物質の質量の総和は変わらない」という質量保存の法則を1774年に確立した。1799年に（ア）は「同一の化合物を構成する成分元素の質量の比は、作り方によらず一定である」という（イ）の法則を発見した。1803年にドルトンが、これらの法則を説明できる原子説を発表し、それ以上分割できない小さな粒子を原子と呼んだ。一方、1811年にアボガドロによって唱えられた分子説は「同温・同圧・同体積の気体には、気体の種類に関係なく、同数の分子が含まれる」というものであり、これは1808年に（ウ）が発見した「気体同士の反応では、反応に関係する気体の体積比は、同温・同圧のもとでは簡単な整数比になる」という（エ）の法則を説明できるものであった。

問2 原子説では原子をそれ以上分けられない粒子と考えたが、原子の成り立ちを調べる過程で放射線を使った実験が行われた。放射線に関する(a)～(c)の記述の中で、正しいものはどれか。A～H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) α 線の実体は ${}^4\text{He}$ の原子核で $+1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ の電荷をもち、透過力が小さく紙を透過できない。
- (b) β 線の実体は電子で $-1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ の電荷をもち、薄い紙を透過できるがアルミニウム板や木板を透過できない。
- (c) γ 線の実体は電磁波で電荷をもたず、透過力が大きくアルミニウム板や木板を透過する。

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------|
| A. (a)のみ。 | B. (b)のみ。 | C. (c)のみ。 |
| D. (a)と(b)のみ。 | E. (a)と(c)のみ。 | F. (b)と(c)のみ。 |
| G. (a), (b), (c)すべて正しい。 | H. (a), (b), (c)すべて正しくない。 | |

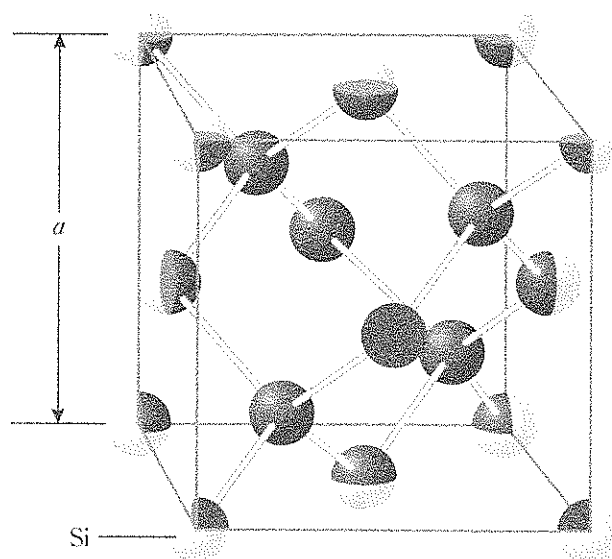
問3 原子は中心に原子核をもち、その周囲に電子殻と呼ばれるいくつかの層に分かれて電子が存在していることが証明された。以下の表は、電子殻の名称とそこへ入ることのできる最大の電子数を示している。表中の空欄（ア）～（オ）に当てはまる記号と数字を、解答欄に書きなさい。

内側からの位置	1 番目	2 番目	3 番目	4 番目	5 番目
名称	K 殻	L 殻	（ ア ） 殻	（ イ ） 殻	O 殻
最大の電子数	2	8	（ ウ ）	（ エ ）	（ オ ）

問4 原子を3つ以上含む分子には特有の形が存在し、その形状には電子対同士の反発が寄与している。電子対同士は互いに反発して離れようとし、非共有電子対と共有電子対の反発は、共有電子対同士の反発よりも大きい。水分子中のH-O-Hの角度X、メタン分子中のH-C-Hの角度Y、アンモニア分子中のH-N-Hの角度Zは、どのような大小関係になるか。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. $X > Y > Z$ B. $X > Z > Y$ C. $Y > X > Z$
 D. $Y > Z > X$ E. $Z > X > Y$ F. $Z > Y > X$

問5 原子同士の結合が数多く繰り返されることで、高分子や結晶が形成する。下図はアボガドロ定数の測定にも使われるSiの結晶構造である。ある元素XがSiと同じ結晶構造をとり、単位格子の一边の長さ a が 5.67×10^{-8} cm、密度が 5.32 g/cm^3 のとき、この元素X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。



- A. 28 B. 40 C. 44 D. 60 E. 73 F. 79

- 2 希硫酸の電解液に2つの白金電極を浸した電解槽 A と塩化ナトリウム水溶液の電解液に炭素電極と白金電極を浸した電解槽 B がある。電解槽 B の電極は陽イオン交換膜で仕切られており、その両側の溶液の体積はそれぞれ 1.0 L である。これらの電解槽を下図のように鉛蓄電池に並列につないで、2.0 A の電流を 90 分通じて電気分解を行ったところ、電解槽 A では標準状態で合計 705 mL の気体が発生した。以下の各問いに答えなさい。

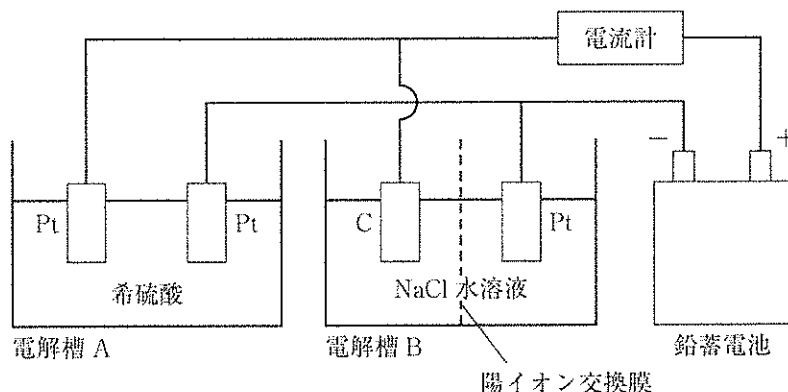


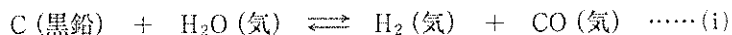
図 実験装置

- 問 1 電解槽 A の陽極で起こった反応の電子 e^- を使った反応式を、解答欄に書きなさい。
- 問 2 電解槽 A を流れた電気量は何 C 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. 2700 C B. 3600 C C. 4050 C
D. 5400 C E. 7200 C F. 8100 C
- 問 3 電解槽 B の陽極で発生する気体に関する (a) ~ (e) の記述の中で、正しいものはいくつあるか。A ~ F の中から最も適切な数をつ一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。
- (a) 黄緑色の気体である。
(b) 水に溶けて水溶液は酸性を示す。
(c) 光により水素と爆発的に反応する。
(d) 臭化カリウム水溶液と反応して臭素が遊離する。
(e) 塩素酸カリウムに少量の酸化マンガン (IV) を加え、加熱しても得られる。
- A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4 F. 5
- 問 4 電解槽 B の陰極側の溶液の pH 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、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$, $\log_{10} 7 = 0.85$ とする。
- A. 11.2 B. 11.9 C. 12.2 D. 12.9 E. 13.2 F. 13.9

問5 鉛蓄電池の電極の質量はこの放電により合計何 g 増加したか。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. 3.6 g B. 5.4 g C. 7.2 g D. 9.0 g E. 10.7 g F. 17.9 g

- 3** ピストンがついた体積可変の容器に黒鉛 0.10 mol と水 0.10 mol を入れ、温度を 1000 K、圧力を 1.0×10^5 Pa に保ったところ、水素と一酸化炭素が生成し、次式 (i) で表される平衡状態に達した。



このとき容器内の気体の体積は 14.6 L であった。以下の各問いに答えなさい。

- 問 1 この平衡状態において、はじめに入れた黒鉛に対して反応した黒鉛の割合は物質量の比でいくらか。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. 0.21 B. 0.43 C. 0.62 D. 0.76 E. 0.85 F. 0.94

- 問 2 この平衡状態において、気体中の水素のモル分率はいくらか。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. 0.14 B. 0.23 C. 0.43 D. 0.64 E. 0.78 F. 0.91

- 問 3 この温度における式 (i) の圧平衡定数は何 Pa 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. 1.3×10^4 Pa B. 4.8×10^4 Pa C. 7.2×10^4 Pa
D. 1.3×10^5 Pa E. 4.8×10^5 Pa F. 7.2×10^5 Pa

問 4 圧力 1.0×10^5 Pa、温度 25°C において、黒鉛と一酸化炭素の燃焼熱はそれぞれ 394 kJ/mol と 283 kJ/mol 、液体の水が生成する場合の水素の燃焼熱は 286 kJ/mol 、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 圧力 1.0×10^5 Pa、温度 25°C において、式 (i) の正反応が進行したとする。黒鉛 1 mol が消費されたとき、発生あるいは吸収した熱量は何 kJ 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. 43 kJ の発熱 | B. 87 kJ の発熱 | C. 131 kJ の発熱 |
| D. 43 kJ の吸熱 | E. 87 kJ の吸熱 | F. 131 kJ の吸熱 |

(2) 圧力 1.0×10^5 Pa、温度 1000 K における式 (i) の平衡状態において、平衡を右向きに移動させる操作は、次の (a) ~ (c) のどれか。A ~ H 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。ただし、式 (i) の反応熱は温度に関わらず一定であるとしてよい。

- (a) 圧力を 1.0×10^5 Pa に保ちながら温度を 800 K へ下げる。
 (b) 温度を 1000 K に保ちながら圧縮して、圧力を 2.0×10^5 Pa へ上げる。
 (c) 圧力を 1.0×10^5 Pa、温度を 1000 K に保ちながら黒鉛を加える。

- | | | |
|---------------------|--------------------|------------------|
| A. (a) のみ。 | B. (b) のみ。 | C. (c) のみ。 |
| D. (a) と (b) のみ。 | E. (a) と (c) のみ。 | F. (b) と (c) のみ。 |
| G. (a)、(b)、(c) すべて。 | H. 右向きに移動させる操作はない。 | |

4 酸素を含む有機化合物は含酸素有機化合物と呼ばれ、生体中においても様々な化合物が存在する。また、食品や医薬品などにも利用されている重要な化合物群である。含酸素有機化合物に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 硫酸水銀(Ⅱ)を触媒としてアセチレンに水を付加させると、不安定な中間体を経て安定な化合物(ア)が生成する。(a)～(f)の反応のうち、化合物(ア)が主な生成物の反応はいくつあるか。A～Gの中から最も適切な数の一つを選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (a) 塩化パラジウム(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)を触媒として用いてエチレンに酸素を反応させる。
- (b) 白金を触媒としてエチレンに水素を反応させる。
- (c) エチレンに硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を反応させる。
- (d) エチレンにリン酸触媒下で加熱・加圧して水蒸気を反応させる。
- (e) 濃硫酸を 160℃程度に加熱しながらエタノールを加える。
- (f) 濃硫酸を 130℃程度に加熱しながらエタノールを加える。

A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4 F. 5 G. 6

問2 分子式 $C_5H_{12}O$ の化合物(イ)について、以下の(a)～(f)のことが分かっている。

- (a) 化合物(イ)の炭素鎖は直鎖構造である。
- (b) 化合物(イ)に単体のナトリウムを加えたところ、気体が発生した。
- (c) 化合物(イ)に硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱したところ、化合物(ウ)が生成した。
- (d) 化合物(ウ)にフェーリング液を加えて加熱したところ、赤色沈殿は生じなかった。
- (e) 化合物(ウ)に炭酸水素ナトリウムを加えたところ、気体は発生しなかった。
- (f) 化合物(ウ)はヨードホルム反応を示さなかった。

化合物(イ)の構造式を、価標や元素記号を省略せずに解答欄に書きなさい。

問3 エステルはカルボン酸とアルコールの脱水縮合によって生じる、エステル結合をもった化合物である。また、エステルはアルコールとカルボン酸に分解される。代表的なエステルである酢酸エチルの生成および分解に関するA～Dの反応のうち、反応が進行しないものはどれか。次の中から最も適切なものを一つを選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 酢酸とエタノールに触媒として濃硫酸を加えて加熱すると、酢酸エチルが生成する。
- B. エタノール中で酢酸にナトリウムエトキシドを加えて加熱した後に中和すると、酢酸エチルが生成する。
- C. 酢酸エチルに希硫酸を加えて加熱すると、酢酸とエタノールが生成する。
- D. 酢酸エチルに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後に中和すると、酢酸とエタノールが生成する。

問4 グリセリンに3つの高級脂肪酸がエステル結合した化合物を油脂という。油脂は植物や動物の体内に存在しており、天然の油脂を構成する脂肪酸には様々な脂肪酸がある。また、高級脂肪酸にはパルミチン酸 ($C_{15}H_{31}COOH$) やステアリン酸 ($C_{17}H_{33}COOH$) のような飽和脂肪酸と、オレイン酸 ($C_{17}H_{33}COOH$)、リノール酸 ($C_{17}H_{31}COOH$) やリノレン酸 ($C_{17}H_{29}COOH$) のような不飽和脂肪酸がある。次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 油脂に関する(a)～(e)の記述の中で、正しいものはいくつあるか。A～Fの中から最も適切な数を一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (a) 一般に、動物性油脂は固体のものが多く、植物性油脂は液体のことが多い。
- (b) 一般に、油脂を構成する脂肪酸として高級飽和脂肪酸を多く含む場合は、油脂は常温で液体となる。
- (c) 一般に、油脂を構成する脂肪酸として多数の不飽和結合をもった高級脂肪酸を多く含む場合は、油脂は常温で液体となる。
- (d) 一定の質量の油脂をけん化するのに必要な塩基の質量を比較すると、油脂の分子量の大小を比較することができる。
- (e) 一定の質量の油脂を加水分解するのに必要な酸の質量を比較すると、油脂の分子量の大小を比較することができる。

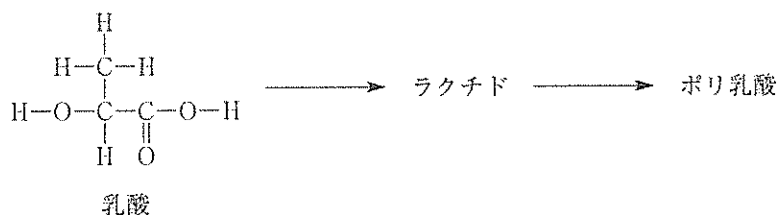
A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4 F. 5

(2) 天然の油脂は単一の脂肪酸からなるわけではなく、複数の脂肪酸からなる油脂の混合物である。油脂の組成を推定するためには、分子量に加えて脂肪酸の組成比を知ることが重要である。脂肪酸の組成比は、油脂と反応するヨウ素の質量から推定することができる。今、平均分子量が880である油脂100gにヨウ素を過不足なく反応させたところ、104gのヨウ素が反応した。この油脂の脂肪酸の組成比はA～Eのどれか。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。

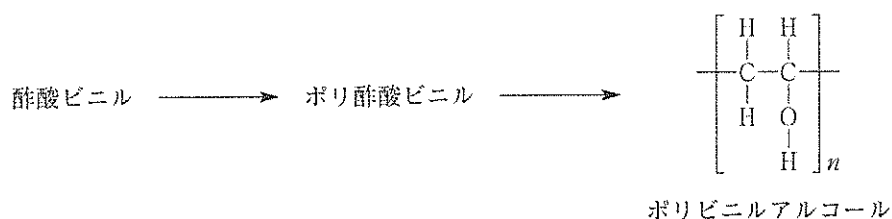
	パルミチン酸	ステアリン酸	オレイン酸	リノール酸	リノレン酸
A	5 %	35 %	30 %	20 %	10 %
B	6 %	24 %	60 %	10 %	0 %
C	3 %	27 %	30 %	30 %	10 %
D	2 %	18 %	40 %	20 %	20 %
E	0 %	20 %	30 %	20 %	30 %

- 5** 合成高分子を得るには、モノマーを直接重合するのではなく、別の化合物（合成中間体）としてから最終生成物とする方法がしばしば用いられる。例として、ポリ乳酸やポリビニルアルコールの合成がある。以下の各問いに答えなさい。

【ポリ乳酸の合成】



【ポリビニルアルコールの合成】



問1 ポリ乳酸の合成中間体であるラクチド（乳酸の環状二量体：ジラクチド）の構造式を、上記の反応式中の構造式にならって、**価標を省略せず**に解答欄に書きなさい。ただし、不斉炭素原子の4つの置換基の立体的な配置については考えなくてよい。

問2 ラセミ体（鏡像異性体の等量混合物）の乳酸から得られるラクチドには何種類の立体異性体が考えられるか。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種類 B. 2種類 C. 3種類 D. 4種類 E. 5種類

問3 ポリ乳酸に関するA～Eの記述の中で、正しいものはどれか。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. 人工透析の透析膜に用いられる。
 B. 金属に近い電気伝導性を示す。
 C. 自然界にも存在する高分子である。
 D. 生体内や自然環境中で、微生物により分解される。
 E. 水に接触すると、短時間に吸水して保水し、数百倍に膨らむ。

問4 ポリビニルアルコールを繊維化(紡糸)した後にホルムアルデヒド水溶液と反応させると、ポリビニルアルコールのヒドロキシ基の一部が反応してビニロンが得られる。次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) ホルムアルデヒドの性質と反応に関する(ア)～(オ)の記述の中で、正しいものはいくつあるか。A～Fの中から最も適切な数をついで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (ア) ホルムアルデヒドは、催涙性を持ち、刺激臭のある気体である。
- (イ) ホルムアルデヒドは、エタノールを酸化すると得られる。
- (ウ) ホルムアルデヒドの環状の三量体は、ホルマリンと呼ばれる。
- (エ) ホルムアルデヒドとポリビニルアルコールとの反応は、アセタール化と呼ばれる。
- (オ) ホルムアルデヒドとポリビニルアルコールとの反応は、縮合反応である。

A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4 F. 5

(2) 重合度 2.0×10^3 のポリビニルアルコールをホルムアルデヒド水溶液と反応させたところ、平均分子量 9.3×10^4 のビニロンが得られた。このとき、ポリビニルアルコールのヒドロキシ基の何%がホルムアルデヒドと反応したか。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. 30 % B. 40 % C. 50 % D. 60 % E. 70 %