

(2018年度)

# 1 化学問題 (90分)

(この問題冊子は15ページ、6問である。)

## 受験についての注意

1. 試験監督者の指示があるまで、問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に、試験監督者から指示があったら、解答用紙の右上の番号が自分の受験番号と一致することを確認し、所定の欄に氏名を記入すること。次に、解答用紙の右側のミシン目にそって、きれいに折り曲げてから、受験番号と氏名が書かれた切片を切り離し、机上に置くこと。
3. 試験監督者から試験開始の指示があったら、この問題冊子が、上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は、HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能、計算機能、辞書機能やスマートウォッチなどのウェアラブル端末を使用してはならない。
5. 解答は、解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで、そのマーク欄をぬりつぶすこと。
6. マークをするとき、マーク欄からはみ出したり、白い部分を残したり、文字や番号、○や×をつけたりしてはならない。また、マーク箇所以外の部分には何も書いてはならない。
7. 訂正する場合は、消しゴムでていねいに消すこと。消しきずはきれいに取り除くこと。
8. 解答用紙を折り曲げたり、破ったりしてはならない。
9. 試験監督者の許可なく試験時間中に退場してはならない。
10. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
11. 問題冊子、計算用紙は必ず持ち帰ること。



## 解 答 上 の 注 意

- (1) 数値による解答は、各問に指示されたように記述せよ。

答えが0(ゼロ)の場合、特に問中に指示がないときはa欄をマークせよ。  
有効数字2桁で解答する場合、位取りは、次のように小数点の位置を決め、  
記入例のようにマークせよ。

$$0.30 \rightarrow 3.0 \times 10^{-1}$$

$$1.24 \rightarrow 1.2 \times 10^0$$

$$17.5 \rightarrow 1.8 \times 10^{+1}$$

記入例： $3.0 \times 10^{-1}$

1 の 桁	0.1 の 桁	指 数
<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9	<input checked="" type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9	<input checked="" type="radio"/> + <input type="radio"/> - <input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

指数が0(ゼロ)の場合は正負の符号にはマークせず、0(ゼロ)のみマークせよ。

指	数
<input checked="" type="radio"/> + <input type="radio"/> - <input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

- (2) 計算を行う場合、必要ならば次の値をもちいよ。

原子量    H : 1.00    C : 12.0    N : 14.0    O : 16.0    Na : 23.0

          Al : 27.0    S : 32.0    Cl : 35.0    K : 39.0    Mn : 55.0

          Fe : 56.0    Ag : 108    Ba : 137

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

0 K(絶対零度) =  $-273 \text{ }^\circ\text{C}$

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

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

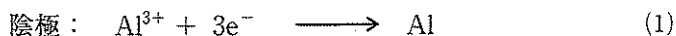
- (3)  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ における気体 1 mol の体積は、22.4 L とする。

- (4) 気体は、すべて理想気体とする。

1 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

アルミニウムは、ボーキサイトから精製した酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  に氷晶石  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  を加え、炭素電極をもちいて融解塩電解を行って製造される。このとき、式(1)～(3)に示す電子の授受が起こる。5.00 V の電圧と  $1.50 \times 10^4 \text{ A}$  の電流を流し融解塩電解を行ったところ、 $13.5 \text{ kg}$  のアルミニウムが析出した。一方、この操作によって陽極の一部  $8.10 \text{ kg}$  が消費された。

(ii)



アルミニウムは酸化されやすく、燃焼熱も大きいことから、比較的還元されにくい金属酸化物を還元する。このようにアルミニウムの還元力を利用して、金属の単体を得る方法をテルミット法といい、金属の精錬に利用されている。アルミニウムと酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の混合粉末に点火すると、多量の熱を発生しながら物質質量比が 2 : 1 の割合でテルミット反応が進行し、鉄の単体が得られる。

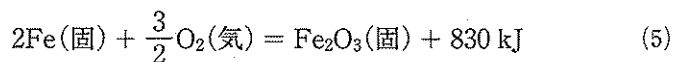
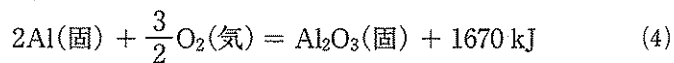
問1 下線部(i)において、融解塩電解に必要な時間は何分か。有効数字2桁で答えよ。

問2 下線部(ii)において、式(2)および(3)により二酸化炭素  $x$  [mol] と一酸化炭素  $y$  [mol] が生成した。 $x$  と  $y$  はそれぞれ何 mol か。有効数字2桁で答えよ。

問3 アルミニウムの性質として正しい記述を、次の a)～e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) 地殻中では、アルミニウムは鉄より多量に存在する。
- b) アルミニウムは冷水や熱水とは反応しないが、高温の水蒸気とは反応して酸素を発生する。
- c) アルミニウムは酸とよく反応するが、濃硝酸には不動態となり、溶けにくい。
- d) アルミニウムはイオン化傾向が大きく、空気中では表面に水酸化アルミニウムの被膜を生じる。
- e) アルミニウムにち密な酸化被膜をつけた製品をジュラルミンという。

問4 下線部(iii)において、物質質量比 2 : 1 のアルミニウムと酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の混合物 1.07 kg が反応して、酸化鉄(Ⅲ)がすべて鉄に還元されたときに発生する熱量は何 kJ か。有効数字 2 桁で答えよ。なお、酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  および酸化鉄(Ⅲ)の生成反応の熱化学方程式は、それぞれ式(4)と(5)で表される。



2 次の文章を読み、問5～問9に答えよ。

濃度が不明な塩化ナトリウム、硫酸カリウム、および硫酸アンモニウムの混合水溶液に対して次の実験Ⅰ～Ⅲを行った。

実験Ⅰ 混合水溶液 40.0 mL に硝酸を加えて酸性にし、指示薬として硫酸アンモニウム鉄(Ⅲ)  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2$  水溶液を加えた。この水溶液に 0.100 mol/L 硝酸銀水溶液 50.0 mL を加えると、水溶液中の塩化物イオンは全て塩化銀として沈殿した。次に、水溶液中に残っている銀イオンの物質量を求めるため、0.100 mol/L チオシアン酸アンモニウム  $\text{NH}_4\text{SCN}$  水溶液を滴下するとチオシアン酸銀  $\text{AgSCN}$  が沈殿した。溶液の色が変化したところを滴定の終点とすると<sup>(i)</sup>、終点までに加えたチオシアン酸アンモニウム水溶液の体積は 32.0 mL であった。

実験Ⅱ 混合水溶液 40.0 mL に希塩酸を加えて酸性とした。この水溶液に塩化バリウム水溶液を白色沈殿が生じなくなるまで加えた。ろ過して得られた沈殿物の質量は 0.466 g であった。

実験Ⅲ 混合水溶液 100 mL に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、気体を発生させた。この気体を 0.100 mol/L 硫酸 25.0 mL に完全に吸収させた。メチルオレンジを指示薬として、気体を吸収させた硫酸に 0.200 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ、終点までに 12.5 mL を必要とした。

問5 下線部(i)の終点において、もっとも近い溶液の色を、次の a)～h) から1つ選べ。

- a) 黄色      b) 青白色      c) 赤色      d) 淡黄色  
e) 淡緑色      f) 濃紫色      g) 濃青色      h) 緑色

問6 混合水溶液の塩化物イオン濃度 $[\text{Cl}^-]$ は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

問7 混合水溶液の硫酸イオン濃度 $[\text{SO}_4^{2-}]$ は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

問8 混合水溶液のアンモニウムイオン濃度 $[\text{NH}_4^+]$ は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

問9 混合水溶液のカリウムイオン濃度 $[\text{K}^+]$ は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

3 次の文章を読み、問10～問13に答えよ。

過酸化水素の分解速度を求めるため、次の実験Ⅰ、Ⅱを行った。

実験Ⅰ 過酸化水素水Aを水で40倍に希釈したのち、その10.0 mLをはかりとり、硫酸を加えてから $5.00 \times 10^{-3}$  mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液による酸化還元滴定を行った。終点までに加えた過マンガン酸カリウム水溶液の体積は20.0 mLであった。

実験Ⅱ 過酸化水素水A 30.0 mLを容器に入れ、27℃において粉末状の酸化マンガン(Ⅳ)を加えた。27℃、 $1.00 \times 10^5$  Paで発生した酸素の総体積を反応時間ごとに測定したところ、表1のようになった。

表1 反応時間と酸素発生量との関係(27℃、 $1.00 \times 10^5$  Pa)

反応時間 [min]	0	2	4	10	18	34
酸素発生量 [mL]	0	25	50	112	172	249

問10 実験Ⅰでもちいた過酸化水素水Aのモル濃度は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

問11 反応時間34分において、容器中に残っている過酸化水素の物質量は何 mol か。有効数字2桁で答えよ。

問12 反応時間 $t_1$ と $t_2$ ( $t_1 < t_2$ )のときの単位体積あたりの酸素の物質量をそれぞれ $[O_2]_1$ と $[O_2]_2$ とすると、 $t_1 \sim t_2$ 間の平均の反応速度 $\bar{v}$ は式(1)で与えられる。

$$\bar{v} = \frac{[O_2]_2 - [O_2]_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

反応温度27℃において、 $t_1 = 10$  min から $t_2 = 18$  minの平均の反応速度は $t_1 = 0$  min から $t_2 = 2$  minの平均の反応速度の何倍か。有効数字2桁で答えよ。



問13 実験Ⅱにおいて、反応時間と酸素発生量との関係は図1の破線のようになった。条件を以下の(ア)、(イ)、(ウ)にしたとき、反応時間と酸素発生量との関係はどのようになるか。もっともあてはまる曲線を図1のa)~e)からそれぞれ1つ選べ。

- (ア) 過酸化水素水Aの温度を高くした。
- (イ) 粉末状の代わりに同質量の粒状の酸化マンガン(Ⅳ)をもちいた。
- (ウ) 過酸化水素水Aよりも濃度が大きい過酸化水素水Bを同量もちいた。

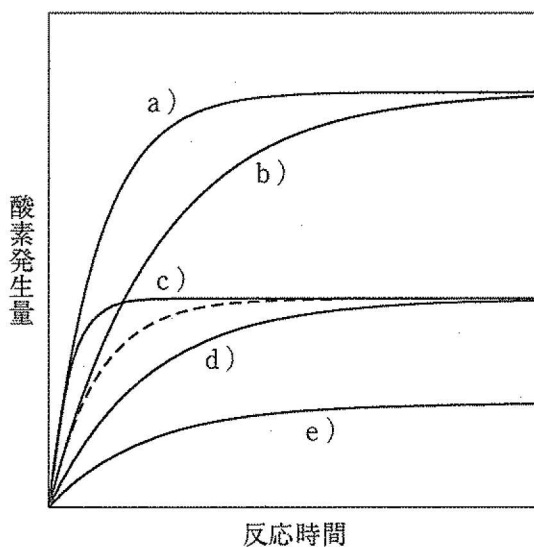


図1 反応時間と酸素発生量との関係

4 次の文章を読み、問 14～問 17 に答えよ。

マレイン酸を加熱すると分子内で脱水反応が起こり、無水マレイン酸に変化する。このような酸無水物の多くは反応性が大きく、2価カルボン酸と同じように2価アルコールと反応し、ポリエステルに変化する。

図1に示す無水マレイン酸、無水フタル酸、1,2-エタンジオールをもちいて、不飽和結合を有する不飽和ポリエステルを合成した。なお、得られる不飽和ポリエステルは、重合時に混合したモノマーの物質質量比どおりに重合するものとする。

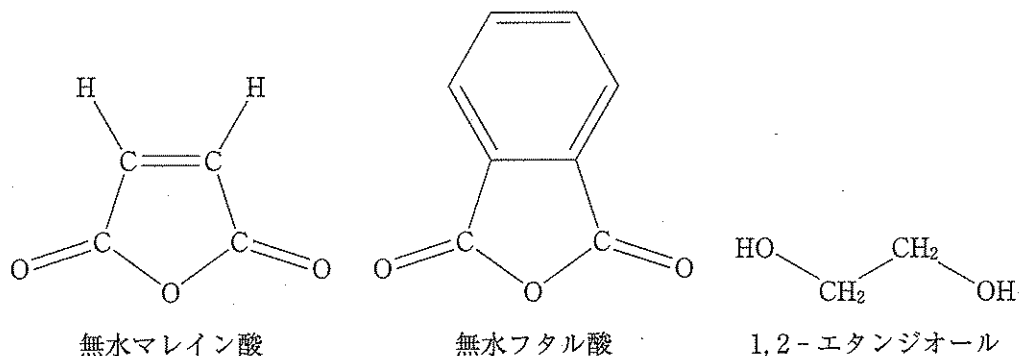


図1 無水マレイン酸、無水フタル酸、1,2-エタンジオールの構造

問14 無水マレイン酸と1,2-エタンジオールを物質質量比1:1で重合し、不飽和ポリエステルAを得た。不飽和ポリエステルAの元素分析をすると、炭素の質量百分率は何%になるか。2桁の整数で答えよ。ただし、答えが1桁の場合、10の桁は0(ゼロ)の欄をマークせよ。高分子の分子量は十分に大きく、高分子の両末端の構造は無視できるものとする。

問15 無水マレイン酸, 無水フタル酸, 1,2-エタンジオールを物質質量比  $x:y:(x+y)$  で重合し, 不飽和ポリエステルB 2.38 gを得た。不飽和ポリエステルB中のベンゼン環を除く炭素-炭素二重結合に, 水素  $H_2$  を完全に付加させるのに,  $0^\circ C$ ,  $1.01 \times 10^5 Pa$  で  $2.24 \times 10^{-1} L$  の水素を必要とした。無水マレイン酸と無水フタル酸の物質質量比  $y/x$  はいくらか。有効数字2桁で答えよ。高分子の分子量は十分に大きく, 高分子の両末端の構造は無視できるものとする。

問16 無水マレイン酸, 無水フタル酸, 1,2-エタンジオールを物質質量比1:1:2で重合し, 分子量の小さい不飽和ポリエステルC 1.020 gを得た。不飽和ポリエステルCの末端はヒドロキシ基とカルボキシ基であり, カルボキシ基の中和に  $0.1000 mol/L$  水酸化ナトリウム水溶液 10.00 mLが必要であった。不飽和ポリエステルCの平均分子量はいくらか。有効数字3桁で答えよ。

問17 問16における不飽和ポリエステルCには, 1分子あたり平均して何個のエステル基が存在するか。2桁の整数で答えよ。ただし, 答えが1桁の場合, 10の桁は0(ゼロ)の欄をマークせよ。100以上の場合, z欄をマークせよ。

5 次の文章を読み、問 18～問 22 に答えよ。

分子式  $C_aH_b$  で表される化合物 A, B, C の分子量はいずれも 56 であり、互いに異性体である。これらの化合物 11.2 mg を完全燃焼させると、35.2 mg の二酸化炭素と 14.4 mg の水がそれぞれ生じた。

試験管に入れた過マンガン酸カリウム水溶液に化合物 A～C をそれぞれ加え反応させた。<sup>(i)</sup> 化合物 A と B を加えたときにはそれぞれ二酸化炭素が生じ、化合物 C を加えたときには二酸化炭素が生じなかった。化合物 A～C と臭素  $Br_2$  との反応を行うと、化合物 A からは不斉炭素がない化合物が、化合物 B からは不斉炭素を 1 つもつ化合物が、C からは不斉炭素を 2 つもつ化合物がそれぞれ得られた。

問 18 分子式  $C_aH_b$  (分子量: 56) における  $a$ ,  $b$  をそれぞれ 1～9 の整数で答えよ。10 以上の場合は、 $z$  欄をマークせよ。

問 19 問 18 における  $C_aH_b$  の異性体は立体異性体を含め、いくつ存在するか。1～9 の整数で答えよ。10 以上の場合は、 $z$  欄をマークせよ。

問 20 化合物 A, B, C に関する正しい記述を、次の a)～e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、 $z$  欄をマークせよ。

- a) 触媒をもちいて化合物 A に水素  $H_2$  を付加させた生成物は、化合物 B に水素を付加させた生成物の立体異性体である。
- b) 触媒をもちいて化合物 A に水を付加させると、第二級アルコールが得られる。
- c) 触媒をもちいて化合物 B と C に水素  $H_2$  を付加させると、それぞれから同じ生成物が得られる。
- d) 触媒をもちいて化合物 C に水素  $H_2$  を付加させると、2 種類の生成物が得られる。
- e) 触媒をもちいて化合物 C に水を付加させると、第二級アルコールが得られる。

問21 触媒をもちいて、化合物A 1.40 gに完全に水素H<sub>2</sub>を付加させるには、0℃、 $1.01 \times 10^5$  Paで少なくとも何Lの水素が必要か。有効数字2桁で答えよ。

問22 下線部(i)の反応において、化合物Cから生成するものを、次のa)~l)からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z欄をマークせよ。

- |            |             |             |
|------------|-------------|-------------|
| a) アセチレン   | b) アセトン     | c) エタノール    |
| d) エチレン    | e) 酢酸       | f) 1-ブタノール  |
| g) 2-ブタノール | h) 1-プロパノール | i) 2-プロパノール |
| j) プロピオン酸  | k) ホルムアルデヒド | l) メタノール    |

6

次の文章を読み、問 23～問 27 に答えよ。

27℃、 $1.00 \times 10^5$  Pa に保たれた大気中に、体積を自由に変えることのできるピストンを備えた容器(図 1)がおかれている。この容器の最大容積は 1L であり、容器のピストンが右に移動してもシリンダーから外れない仕組みになっている。次の実験 I～IV を行った。

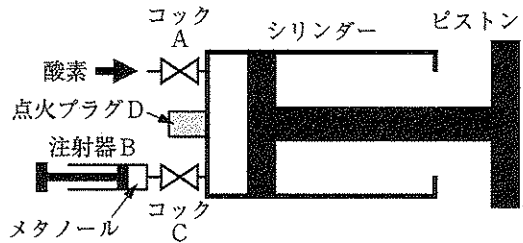


図 1 実験容器

実験 I ピストンが完全に左に押されて中に何も入っていない状態の容器に、温度を 27℃ に保ったままコック A を開いて酸素  $1.00 \times 10^{-2}$  mol を入れ、コック A を閉じた。

実験 II 実験 I に続き、温度を 27℃ に保ったままコック C を開け、注射器 B からメタノール(液体)  $5.00 \times 10^{-3}$  mol を容器に加え、コック C を閉じた。

実験 III 実験 II に続き、容器内部の物質の温度を上昇させて、60℃ にした。途中でメタノールがすべて蒸発した。

実験 IV 実験 III に続き、メタノールと酸素との混合気体をプラグ D で点火したところ、メタノールが完全燃焼して二酸化炭素と水になった。気体の温度は燃焼により一時的に上昇したが、その後 27℃ に戻った。

容器内の液体の体積は無視でき、酸素は液体のメタノールに溶けないとする。メタノールの蒸気圧曲線は図 2 のとおりとする。

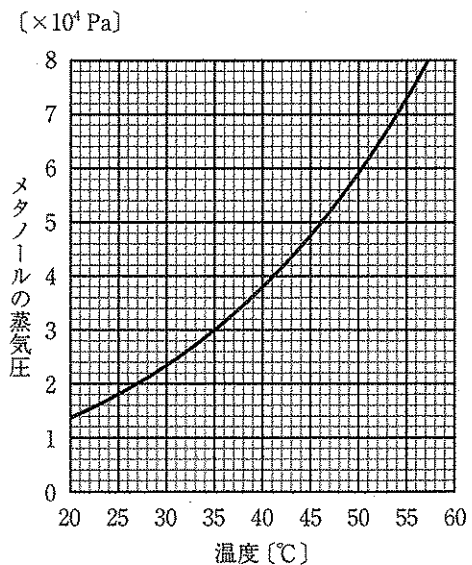
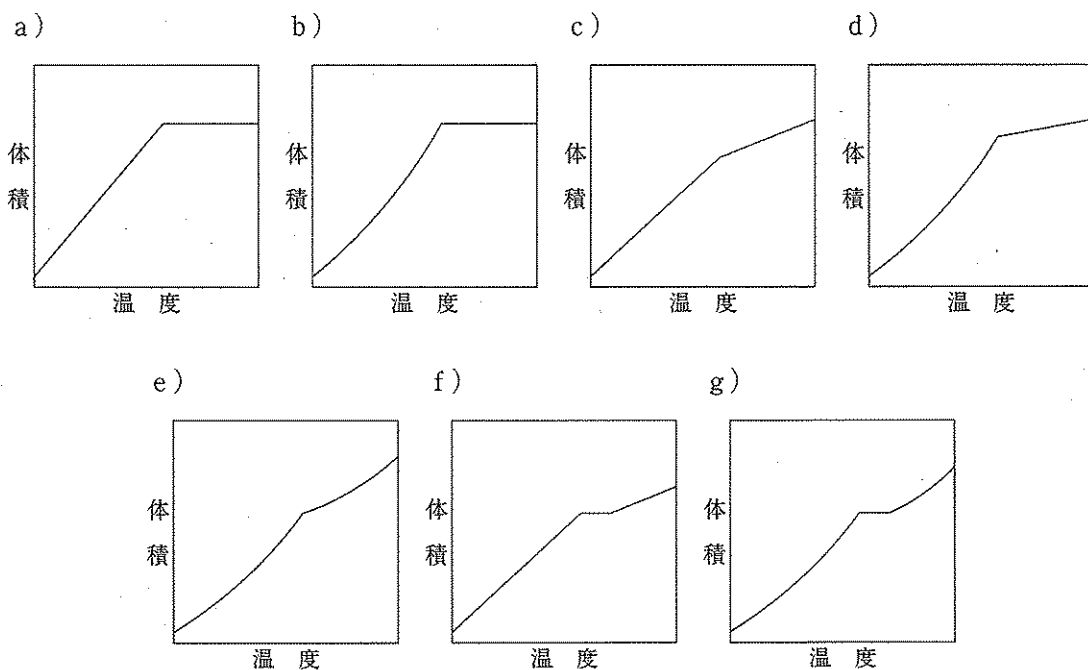


図 2 メタノールの蒸気圧曲線

問23 実験Ⅱを行った後の容器内の酸素の分圧は何 Pa か。有効数字 2 桁で答えよ。

問24 実験Ⅱを行った後の容器内の気体の体積は何 mL か。有効数字 2 桁で答えよ。

問25 実験Ⅲの容器を温める過程において、混合気体の温度と体積との関係を示したグラフを、次の a) ~ g) から 1 つ選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。



問26 実験Ⅲにおいて、メタノールがすべて蒸発したときの温度は何℃か。

もっとも近い値を次の a) ~ o) から 1 つ選べ。

- a) 29℃    b) 31℃    c) 33℃    d) 35℃    e) 37℃  
 f) 39℃    g) 41℃    h) 43℃    i) 45℃    j) 47℃  
 k) 49℃    l) 51℃    m) 53℃    n) 55℃    o) 57℃

問27 実験Ⅳを行った後の容器内の気体の体積は何 mL か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、27℃における水の飽和蒸気圧は無視できるものとする。

