

理 科

理科は **物理** **化学** **生物** のうち 2 科目を選択受験のこと。

物理 …… 1 頁 **化学** …… 14 頁 **生物** …… 31 頁

解答はマークシート及び解答用紙に記入すること。

〔注 意 事 項〕

1. 監督者の指示があるまでは、この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは、コンピュータで処理するので、折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに、氏名・受験番号を記入し、科目選択・受験番号をマークする。
マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例(3015の場合)

受 験 番 号			
3	0	1	5
千位	百位	十位	一位
○	●	○	○
①	①	●	①
②	②	②	②
●	③	③	③
④	④	④	④
⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨

4. マークシートにマークするときは、HBまたはBの黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には、消しゴムで丁寧に消し、消し^{てい}くずを完全に取り除いたうえで、新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い、正しくマークすること。

(例えば3と答えたいとき)

正しいマーク例

①	②	●	④	⑤	⑥	⑦
---	---	---	---	---	---	---

誤ったマーク例

①	②	○	④	⑤	⑥	⑦
①	②	∞	④	⑤	⑥	⑦
①	②	○	④	⑤	⑥	⑦
①	②	●	④	⑤	⑥	⑦

○をする
Vをする
完全にマークしない
枠からはみ出す

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが、科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答用紙は所定の位置に記入すること。

化 学

I 必要なら次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, P = 31, S = 32, Cl = 35.5, K = 39, Mn = 55, Cu = 63.5, Ag = 108, アボガドロ定数： 6.02×10^{23} /mol, 気体定数： 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol), ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol。全ての気体は理想気体として扱うものとする。なお、1 hPa = 1×10^2 Pa で、Lはリットルを示す。

第1問 次の各問いに答えよ。[解答番号 ~]

問 1 分子式が XY_2 の化合物をつくる元素として、正しい原子番号の組合せは次のうちどれか、①~⑤の中から一つ選べ。

- ① 3と9 ② 10と14 ③ 6と8
④ 13と17 ⑤ 2と20

問 2 窒素、塩素、硫黄を含む分子量600以下の有機化合物がある。これを分析したところ、その質量組成は窒素16.6%、塩素21.1%、硫黄9.5%であった。この有機物の分子量はいくつになるか。最も近い値を①~⑤の中から一つ選べ。

- ① 168 ② 258 ③ 337
④ 420 ⑤ 504

問 3 次の記述(a)~(d)の中に含まれる「酸素」という言葉は、原子、分子、元素のいずれを意味するものか。原子を意味するものには①を、分子を意味するものには②を、元素を意味するものには③を選べ。

(a)	(b)	(c)	(d)
3	4	5	6

- (a) 地殻の中で「酸素」の占める割合は約 50 % である。
 (b) 水の基本粒子は、水素 2 個と「酸素」1 個から成り立つ。
 (c) 過酸化水素を分解すると「酸素」が発生する。
 (d) 空気中には約 20 % の「酸素」が含まれる。

問 4 次の記述(i)~(ホ)のうち誤りを含む文章の組み合わせを①~⑦の中から一つ選べ。 7

- (イ) 同じ電子配置をもつイオンでは、原子番号が大きくなるほどイオン半径が小さくなる。
 (ロ) 金属の結晶のうち、面心立方格子と体心立方格子はいずれも最密充填構造をとっている。
 (ハ) 価電子数 n の金属の酸化物 x g を完全に還元すると y g の金属が得られる。この金属の原子量(w)を x , y , n で表すと $w = 8yn/(y - x)$ となる。
 (ニ) 定温定圧で、2 体積の気体分子 U と 1 体積の気体分子 V が完全に反応して気体分子 W が 2 体積できた。気体分子 U と V がいずれも 2 原子分子であるとき、気体分子 W を構成する原子の数は 3 である。
 (ホ) H 原子は Li 原子よりイオンになりにくい。

- ① (イ), (ロ) ② (ロ), (ハ) ③ (ハ), (ニ) ④ (ニ), (ホ)
 ⑤ (イ), (ハ) ⑥ (ロ), (ニ) ⑦ (ハ), (ホ)

問 5 次の記述(a)~(d)に示された内容にどちらも当てはまる分子の組み合わせを①~⑦の中から一つずつ選べ。

(a)	(b)	(c)	(d)
8	9	10	11

- (a) 極性分子であり、分子間で水素結合をつくることができる。
 (b) 極性分子であり、分子間で水素結合はつくらない。
 (c) 無極性分子だが、構成原子間の結合には極性がある。
 (d) 無極性分子であり、非共有電子対を持たない。

- ① HF, H₂O ② NH₃, CHCl₃ ③ CO₂, CCl₄
 ④ CHCl₃, I₂ ⑤ HCl, H₂S ⑥ CH₄, H₂
 ⑦ H₂S, CO₂

問 6 塩化アンモニウム中の塩化物イオンと同じ電子配置を持つものは、次の(i)~(v)の原子またはイオンのうちどれか。正しいものの組み合わせを①~⑧の中から一つ選べ。 12

【原子またはイオン】

- (i) Br⁻ (ii) S²⁻ (iii) Mg²⁺ (iv) Ne (v) Ar (vi) Kr
 ① (i) ② (ii) ③ (iii) ④ (vi)
 ⑤ (i), (vi) ⑥ (ii), (iii) ⑦ (ii), (v) ⑧ (iii), (iv)

問 7 元素 X の原子量は 58.7 である。X の単体 7.34 g に十分量の塩酸を加えると、0℃、1013 hPa で 2.8 L の水素ガスが発生した。X のイオンの価数はいくつか。正しい値を①~⑥の中から一つ選べ。 13

- ① 1 ② 2 ③ 3
 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

問 8 ある元素 X は質量数 10 と 11 の同位体がある。原子量が 10.8 であるとする。 ^{10}X と ^{11}X の存在比 ($^{10}\text{X} : ^{11}\text{X}$) はいくつか。最も近いものを①～⑥の中から一つ選べ。 14

① 1 : 1

② 1 : 2

③ 1 : 3

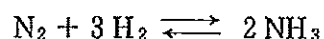
④ 1 : 4

⑤ 2 : 3

⑥ 3 : 4

第2問 次の各問いに答えよ。[解答番号 ~]

問 1 窒素 N_2 1 mol と水素 H_2 3 mol を容積一定の反応容器に入れ、触媒を加えて温度を一定に保つと、次の反応が進行し平衡に達する。なお、 NH_3 の生成熱は 46 kJ/mol である。以下の問い(a), (b)に答えよ。



(a) この反応が温度 T_1 で平衡である時、この系に関する次の(i)~(ii)の記述のうち、正しいものの組み合わせを①~⑨の中から一つ選べ。

(i) 温度を T_1 に保ったまま、アルゴンを 2 mol 加え反応容器内の圧力を高めたところ、アンモニアの分圧が増加した。

(ii) 温度を T_1 から T_2 へ下げたところ、混合気体の質量が減少した。

(v) 温度を T_1 に保ったまま、圧力が 3 倍になるように容器の容積を圧縮すると、混合気体の密度(g/L)は 3 倍より大きくなった。

(ii) 反応物の物質量、触媒、温度(T_1)の条件は同一で、用いた反応容器の容積が半分であった時、平衡に達した時の混合気体全体の物質量は小さくなる。

① (i), (ii)

② (i), (v)

③ (i), (ii)

④ (ii), (v)

⑤ (ii), (ii)

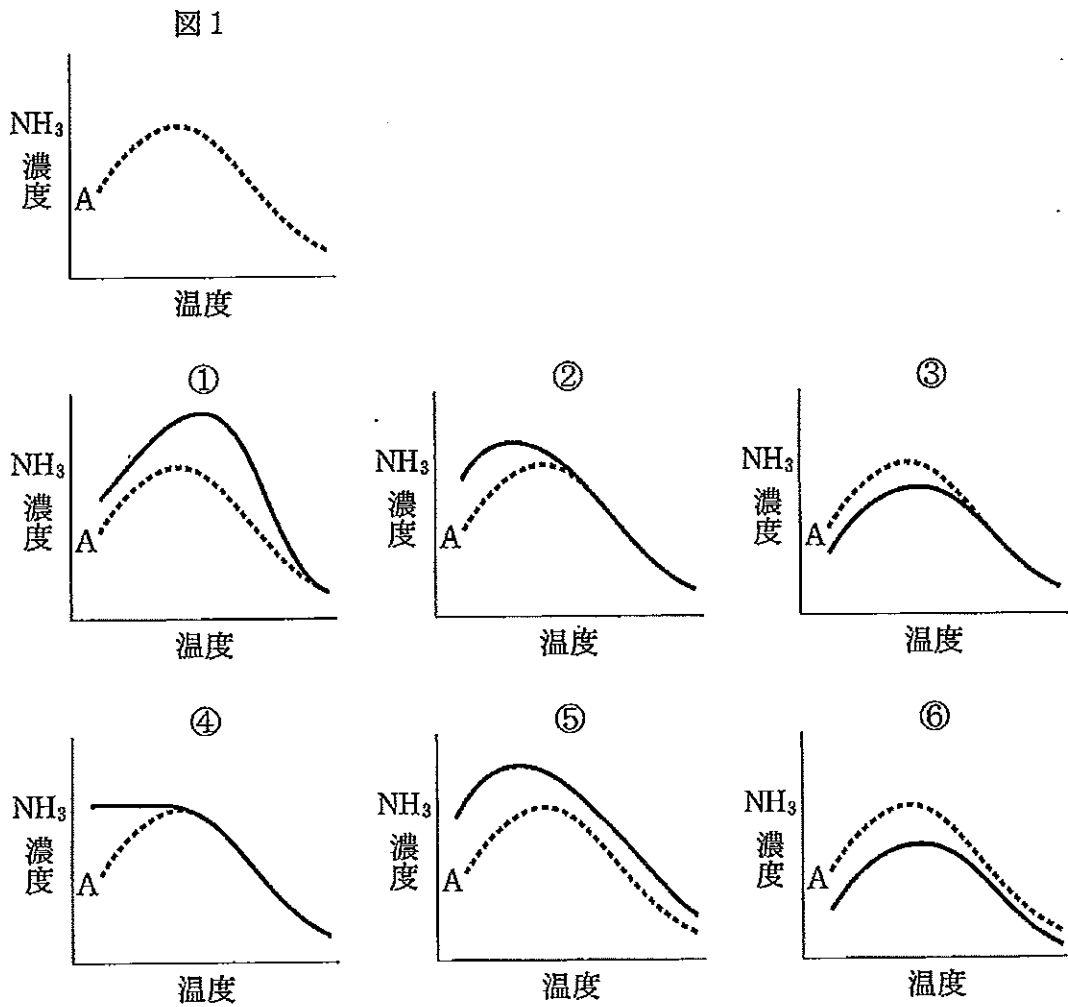
⑥ (v), (ii)

⑦ (i), (ii), (v)

⑧ (i), (v), (ii)

⑨ (ii), (v), (ii)

(b) この反応をいろいろな温度でおこない、反応開始から t_1 時間後の各温度での NH_3 の濃度の測定点を結んだところ、図1中の点線 A となった。いま、 t_1 よりさらに時間が経過した t_2 時間後に同様に NH_3 の濃度を測定した時のグラフは次の図①～⑥のいずれが最もふさわしいか。なお、①～⑥のグラフ上には比較のため点線 A も記入されている。 2

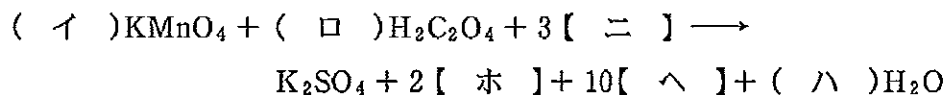


問 2 次の[実験1]と[実験2]に関する以下の問い(a)~(d)に答えよ。

[実験1] シュウ酸二水和物の結晶 504 mg を水に溶かし硫酸で酸性にした。この溶液を濃度不明の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。20.0 mL 加えたところで、過マンガン酸イオンの赤紫色が消えた。

[実験2] 濃度未知の過酸化水素水 20.0 mL と 0.200 mol/L のヨウ化カリウムの塩酸酸性溶液 10.0 mL とを混合した。その後、混合溶液を上記の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、15.0 mL 必要とした。

次にシュウ酸と過マンガン酸カリウムの反応を化学反応式で示した。ただし、()の中には数値が、【 】の中には化学式が入る。



(a) 化学反応式中の(イ)~(ハ)の中に入る数値として最も適したものをそれぞれ①~⑧の中から選べ。ただし、同じ数値を何度用いても良い。

(イ)	(ロ)	(ハ)
3	4	5

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4
 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

(b) 化学反応式中の【ニ】~【へ】に入る化学式として最も適したものをそれぞれ①~⑧の中から選べ。

【ニ】	【ホ】	【へ】
6	7	8

- ① $K_2C_2O_4$ ② CO_2 ③ MnO_2 ④ $MnSO_4$
 ⑤ Na_2SO_4 ⑥ H_2SO_4 ⑦ MnC_2O_4 ⑧ K_2CO_3

(c) 過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度 (mol/L) はいくらか。最も近い

値を①～⑧の中から一つ選べ mol/L

- ① 0.04 ② 0.056 ③ 0.08 ④ 0.112
 ⑤ 0.20 ⑥ 0.28 ⑦ 0.40 ⑧ 0.56

(d) [実験 2] で用いた過酸化水素水のモル濃度 (mol/L) はいくらか。最も近い

値を①～⑧の中から一つ選べ。 mol/L

- ① 0.004 ② 0.008 ③ 0.01 ④ 0.0175
 ⑤ 0.20 ⑥ 0.35 ⑦ 0.40 ⑧ 0.56

問 3 三つの電解槽 I, II, III に直流電源, 電流計を図 2 の様に接続し, 5.0 A の一定電流を通電したところ, 電解槽 I の陰極は電解前に比べ 1.905 g 増加していた。また, 電解槽 III の陰極で気体が発生し, その体積を標準状態 (0 °C, 1013 hPa) で測定すると 448 mL であった。以下の問い(a)~(c)に答えよ。

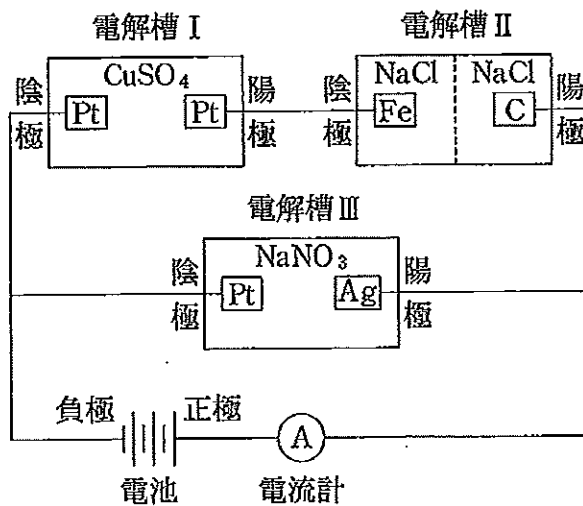


図 2

(a) この電解で通電した時間は何秒か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選べ。 秒

- ① 772 ② 1158 ③ 1544
④ 1930 ⑤ 2316 ⑥ 3088

(b) 電解槽Ⅲの陽極で生じる反応についての記述で最も適したものを①～⑥の中から一つ選べ。

- ① 陽極の質量が 2.16 g 減少した。
② 陽極の質量が 4.32 g 減少した。
③ 陽極の質量が 8.64 g 減少した。
④ 陽極の質量に変化はなく、気体が 224 mL 生じた。
⑤ 陽極の質量に変化はなく、気体が 448 mL 生じた。
⑥ 陽極の質量に変化はなく、気体が 896 mL 生じた。

(c) 電解槽Ⅱの中央部には陽イオン交換膜が取り付けられてあり、その両側にはそれぞれ 1000 mL ずつ溶液がある。電解後の陰極側の溶液の中和に必要な 1 mol/L の HCl 溶液の体積は何 mL か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選べ。 mL

- ① 15 ② 30 ③ 40
④ 60 ⑤ 120 ⑥ 240

第3問 次の各問いに答えよ。[解答番号 ~]

問1 物質の溶解度は飽和溶液で、溶媒 100 g に溶けている溶質の質量で表す。

100 g の水に Na_2HPO_4 を 30°C で飽和させた溶液を 0°C に冷却すると $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ の結晶が a g 析出した。この時、溶液中に残っている Na_2HPO_4 の質量 W を、 30°C での Na_2HPO_4 の溶解度を b として求めよ。

正しい式を①～⑥の中から一つ選べ。

① $W = b - 0.397a$

② $W = a - 0.397b$

③ $W = 0.397 \frac{b}{a}$

④ $W = b - 0.358a$

⑤ $W = 0.358(b - a)$

⑥ $W = 0.358 \frac{a}{b}$

問2 生物化学的酸素要求量(BOD)は水質指標の一つで、水中の有機物を微生物が酸化分解するのに必要な酸素の量で表わしたものである。通常は、調べる水 1 L を 20°C で 5 日間放置した時に消費した酸素の質量を用いる。

有機物などで汚染された排水 10 mL を、 20°C で空気を吹き込んで飽和させた純水で 300 mL に希釈した。容器を密栓して 20°C で 5 日間放置したところ、水中に存在している微生物により酸素が消費され、水中に溶けている酸素は 5.0 mg/L となった。気圧が 1013 hPa であり、酸素は、 20°C で水 1 L に 1.38×10^{-3} mol 溶けるものとする、排水の BOD (mg/L) はいくらか。空気中の酸素の組成が、体積比で 21 % として計算し、最も近い値を

①～⑥の中から一つ選べ。 mg/L

① 1.28

② 4.27

③ 12.8

④ 42.7

⑤ 128

⑥ 278

問 3 オゾンに関する問い(a)~(c)に答えよ。

(a) オゾンに関する以下の①~⑤の説明で誤りを含まないものを一つ選べ。

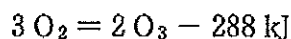
3

- ① オゾンは酸素の同素体であるので密度は酸素と同じである。
- ② 酸素に紫外線が当たるとオゾンが生成する。
- ③ オゾンは酸素より軽い気体である。
- ④ オゾンはヨウ化カリウムを還元してヨウ素を生成する。
- ⑤ オゾンは特異臭がするが、酸素と同じく無色の気体である。

(b) 容積 6.72 L の密閉容器に酸素を入れて無声放電を行いオゾンを生成させた。反応前は 0 °C で、圧力は 1013 hPa であった。反応後、27 °C で圧力を測ると 1013 hPa であった。何モルの酸素が反応したか。最も近い値を次の①~⑥の中から一つ選べ。 4 mol

- ① 0.053 ② 0.081 ③ 0.11
- ④ 0.16 ⑤ 0.18 ⑥ 0.20

(c) オゾンにおける酸素原子の結合エネルギーの総和は次の熱化学方程式から求めることが出来る。



一方、もしオゾンが環状構造とすると、酸素原子の結合エネルギーの総和は O-O 結合の結合エネルギー 143 kJ/mol から求めることが出来る。

熱化学方程式から求めた酸素原子の結合エネルギーの総和 (E_A) とオゾンが環状構造と仮定した時の酸素原子の結合エネルギーの総和 (E_B) との差異 ($\Delta E = E_A - E_B$) は何 kJ/mol か。最も近い値を①~⑧の中から一つ選べ。 5 kJ/mol

- ① - 416 ② - 174 ③ - 144 ④ 0
- ⑤ 144 ⑥ 174 ⑦ 317 ⑧ 416

第4問 次の各問いに答えよ。[解答番号 ~]

問1 次の(実験イ)～(実験ニ)は4種類の有機化合物の製法として考えたものである。下線部は主原料と目的物を示す。以下の問い(a), (b)に答えよ。

(実験イ) 主原料：酢酸, 目的物：酢酸エチル

酢酸とエタノールの混合物に濃硫酸を適量入れ、緩やかに沸騰させてから、未反応の酢酸を除くため過剰の水酸化ナトリウム水溶液中に注ぎ、さらに沸騰させて生成物を分留する。

(実験ロ) 主原料：エタノール, 目的物：ジエチルエーテル

エタノールに濃硫酸を加えて約170℃に加熱する。

(実験ハ) 主原料：エチレン, 目的物：アセトアルデヒド

塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)の混合水溶液を触媒としエチレンを酸化する。

(実験ニ) 主原料：サリチル酸, 目的物：アセチルサリチル酸

サリチル酸, メタノール, 濃硫酸を適量とり、加熱した後、未反応のサリチル酸とメタノールを除くため炭酸水素ナトリウム水溶液中に注ぎ、目的物を分離する。

(a) (実験イ)～(実験ニ)の製法には誤りを含むものがある。それぞれの操作について、当てはまる記述を①～⑥の中から一つずつ選べ。同じ記述を選んでもかまわない。

(実験イ)	(実験ロ)	(実験ハ)	(実験ニ)
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>

- ① この操作では目的物が分解される。
- ② この操作では目的物が酸化される。
- ③ この操作ではカルボキシル基のエステル化が進行する。
- ④ この操作では不飽和化合物ができる。
- ⑤ この操作では付加反応が進行する。
- ⑥ この操作は正しい。

(b) (実験イ)～(実験ニ)の下線部に示した主原料と目的物の室温(約20℃)、常圧での性質の違いについて、当てはまる記述を①～⑥の中から一つずつ選べ。同じ記述を選んでもかまわない。

(実験イ)	(実験ロ)	(実験ハ)	(実験ニ)
5	6	7	8

- ① 主原料は無色の気体であるが、目的物は刺激臭のある液体である。
- ② 主原料は液体であるが、目的物は気体である。
- ③ 主原料は塩化鉄(Ⅲ)水溶液で赤紫色を呈するが、目的物は呈色しない。
- ④ 主原料は有色だが、目的物は無色である。
- ⑤ 主原料は水と任意に混合するが、目的物は水に溶けにくい。
- ⑥ 主原料は油状で水より軽い、目的物は油状で水より重い。

問2 化合物A, B, Cに関する記述(i)～(iv)を読み、以下の問い(a)～(c)に答えよ。

- (i) 化合物Aの分子量は190で、その質量組成は炭素75.8%、水素7.4%、酸素16.8%であった。
- (ii) 化合物Aに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、塩酸を加えると、鎖状の脂肪族化合物Bとベンゼン環を持つ化合物Cが得られた。
- (iii) 化合物Bは炭酸水素ナトリウム水溶液に可溶であり、完全燃焼させると二酸化炭素と水が物質質量比5:4で生成した。また幾何異性体及び光学異性体は存在しなかった。

(a) 化合物Aの分子式はどれか。正しいものを①～⑥の中から一つ選べ。

9

- ① $C_9H_{18}O_4$
- ② $C_{10}H_{22}O_3$
- ③ $C_{11}H_{26}O_2$
- ④ $C_{12}H_{14}O_2$
- ⑤ $C_{13}H_{18}O$
- ⑥ $C_{14}H_8O$

(b) 化合物 B として考えられる構造は何種類あるか。正しいものを①～⑥

の中から一つ選べ。

- ① 2 ② 4 ③ 6
④ 8 ⑤ 10 ⑥ 12

(c) 化合物 C として考えられる構造は何種類あるか。正しいものを①～⑥

の中から一つ選べ。

- ① 1 ② 2 ③ 3
④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

II ベンゼンに関係した次の各問いに答えよ。

問 1 水とベンゼンは互いにほとんど溶け合わない。この混合物をよくかき混ぜながら加熱したとき、水はベンゼンの存在に影響されることなく蒸発し、ベンゼンも水の存在に影響されることなく蒸発する。すなわち、それぞれの蒸気圧は互いに独立しており、その蒸気圧曲線はそれぞれが単独に存在するときの蒸気圧曲線に等しい。この混合溶液はその混合蒸気の全圧が大気圧に達する 69.3°C で沸騰する。この温度での水の蒸気圧は 300 hPa 、ベンゼンの蒸気圧は 713 hPa である。沸騰した混合蒸気中におけるベンゼンの質量百分率を求めよ。解答は四則演算を行わず、例のように記せ。必要なら分子量は $\text{H}_2\text{O} = 18$ 、 $\text{C}_6\text{H}_6 = 78$ とせよ。

例
$$\frac{300 \times 78 + 713 \times 18}{(300 + 713) \times (78 + 18)} \times 100 \%$$

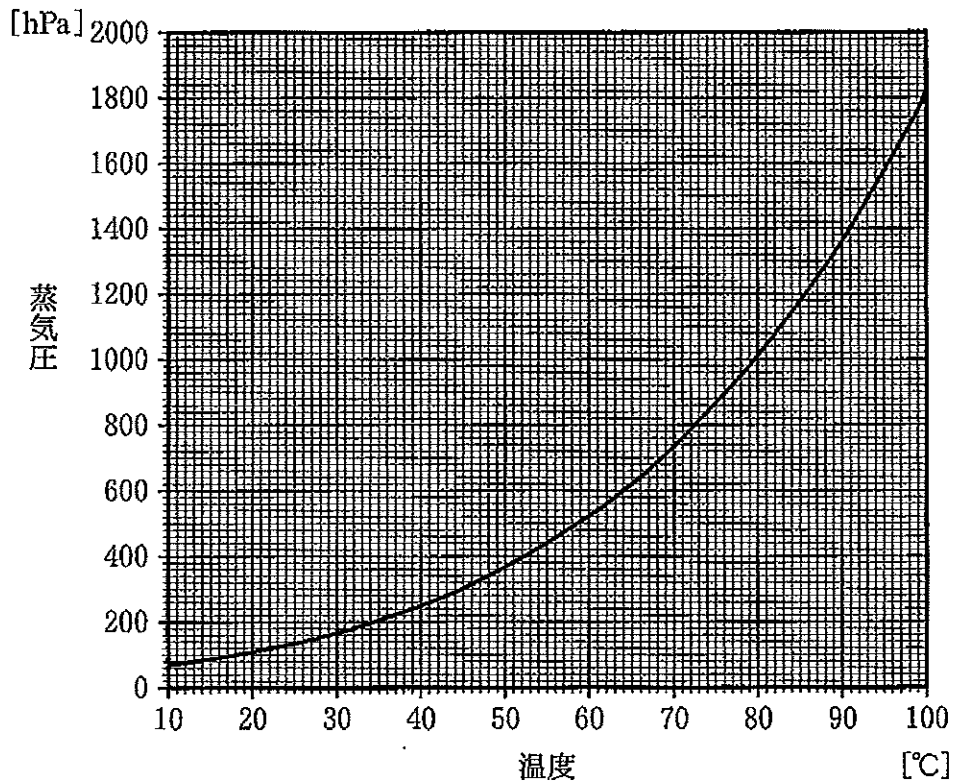
問 2 温度と圧力が調整できる密閉容器にベンゼン 0.25 mol と窒素 0.25 mol が入れてあり、温度は 100°C 、圧力は 1013 hPa であった。次の問い(a), (b)に答えよ。どちらもベンゼンの蒸気圧曲線のグラフから温度を読み取る問題であるが、解答は求める温度そのものではなく、求め方を言葉で記述すること。求める温度が、その求め方でなぜ求まるのかを説明する必要はない。下記に書き方の例を示した。(a), (b)どちらも 90 字以内で記せ。

(a) この容器を容積一定のまま冷却していったとき、ベンゼンの凝縮(液化)が始まる温度はどのようにして求められるか。なお、 10°C まで冷却したときの窒素の分圧は 384 hPa であった。

(b) この容器を圧力一定のまま冷却していったとき、ベンゼンの凝縮(液化)が始まる温度はどのようにして求められるか。

例

蒸	気	圧	が	1	0	1	3	h	P	a
と	な	る	温	度						



ベンゼンの蒸気圧曲線

問 3 水とベンゼンを混合すると 2 層に分かれる。いま、水とベンゼンのどちらにも溶ける物質(これを W とする)を加えてよく振り混ぜたとする。水中での W の濃度を $[W]$ (水)、ベンゼン中での W の濃度を $[W]$ (ベンゼン)とすると、次式で示される k は温度一定なら一定値となる。

$$k = \frac{[W](\text{ベンゼン})}{[W](\text{水})}$$

いま、物質 W を w g 溶かした水溶液 100 mL がある。水とベンゼンは互いにまったく溶け合わないものと考えて次の問い(a), (b)に答えよ。なお、溶解している物質 W の量が減少しても水溶液の体積は 100 mL のまま変化しないとす。また、ベンゼンの体積も物質 W の溶解によって影響されないものとする。

(a) ベンゼン 100 mL を加えよく振り混ぜたあとベンゼン層を分離し、残りの水層に新たにベンゼン 100 mL を加えて前と同じ操作をする。このあとも同様の操作を繰り返すとす。一回の抽出にベンゼン 100 mL を用い、抽出操作を n 回行ったとすると、最後に水層中に残る W は何 g になるか。 k , w , n を用いて表せ。

(b) (a)で用いたベンゼンと同じ量(100 mL)を用いて一回で抽出を行ったとき、水溶液中に残る W は何 g になるか。 k , w , n を用いて表せ。