

平成29年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	8
生	物	20
地	学	31

注 意

- 1 問題冊子は1ページから40ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
教 育 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
心 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
障 害 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

化 学

問題 I ~ III について解答せよ。字数を指定している設問の解答では、数字、アルファベット、句読点、括弧、記号も、すべて1字として記入せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

原子量 : H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5,
Cu = 63.5, Br = 79.9

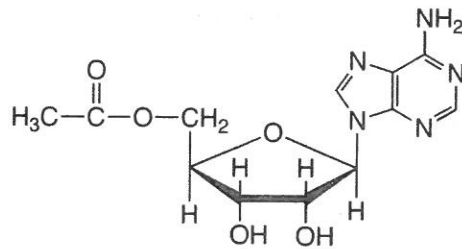
アボガドロ定数 : $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

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

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

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

有機化合物の構造式は次の記入例にならって示せ。なお、構造式の記入に際し、光学異性体は区別しないものとする。



I 単体の銅と気体を反応させるために、図1に示す実験装置を組み立てた。内容積^(a)22.4 Lの容器a~cを0℃に保った。容器a内は真空であり、銅粉末127 gが入っている。容器a内の粉末を粉末Xとする。粉末Xを加熱できるように、容器aにはヒーターが取り付けられている。コックd, e, pは閉じられている。容器b, cには、0℃でそれぞれ酸素ガス 3.0×10^5 Pa および水素ガス 6.0×10^5 Paが入っている。

図1の実験装置を用いて、以下の操作1~7を順に行った。次の問1~問7に答えよ。ただし、固相や液相の体積と蒸気圧、および容器をつないでいる部分の体積は考えないものとする。

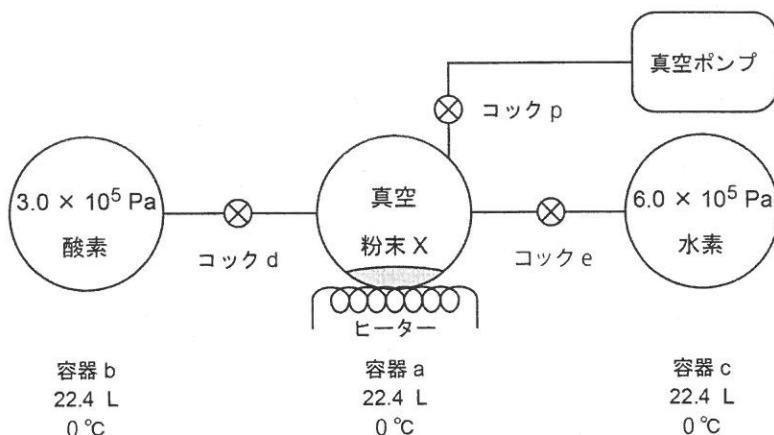


図1 実験装置(実験操作前)

[操作1] コックdを開き、容器aとbの内部が等しい圧力になった後、コックdを閉じた。

[操作2] 粉末Xを400℃に加熱し、粉末Xが黒色に変化したところで加熱をやめ、温度を0℃に戻した。

[操作3] コックpを開いて容器a内を真空にした後、コックpを閉じた。

[操作4] コックeを開き、容器aとcの内部が等しい圧力になった後、コックeを閉じた。

[操作5] 粉末Xを加熱し、粉末Xが赤味を帯びた光沢のある物質に変化したところで加熱をやめた。

[操作6] 容器aを20℃まで冷却した。無色透明の液体Yが粉末Xの周囲に生じた。液体Yの体積は20℃で3.6 mLであった。

[操作7] 容器 a を液体窒素で冷やして液体 Y が凍結したことを確認した後、コック p を開いて容器 a 内を真空にした。その後、コック p を閉じてから容器の温度を 20 °C まで戻した。

問 1 操作 1 の後における容器 b 内の圧力 [Pa] を、有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。

問 2 操作 2 でおこる反応に関連して、次の問に答えよ。

(i) 操作 2 でおこる反応を、化学反応式で表せ。ただし、黒色の物質は、単一の物質であるとする。

(ii) 127 g の銅をすべて黒色の物質にするために必要な酸素の物質量を、有効数字 2 桁で求めよ。

(iii) 操作 2 で生じる黒色の物質を空气中で 1000 °C 以上に加熱すると、単体の銅より密度の小さい赤色の化合物に変化する。この化合物を化学式で答えよ。

問 3 操作 4 の後に容器 c 内に存在する水素の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 操作 5 でおこる反応を、化学反応式で表せ。ただし、赤味を帯びた光沢のある物質は、単一の物質であるとする。

問 5 操作 2 の後における粉末 X の質量を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、操作 5 での反応は完全に進んだものとし、液体 Y の密度は 20 °C で 1.0 g/cm^3 とする。

問 6 操作 7 の後、コック d と e を開け、すべての容器を 20 °C に保った場合、液体 Y に溶解する酸素および水素の物質量を、有効数字 2 桁でそれぞれ求めよ。ただし、20 °C、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、酸素と水素の液体 Y への溶解度は、それぞれ $1.39 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $0.81 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ とし、液体 Y の密度は圧力に依存しないものとする。

問 7 下線部(a)について，以下の問に答えよ。

- (i) 単体の銅と希硝酸の反応を化学反応式で表せ。また，発生する気体の色を答えよ。
- (ii) 酸素と(i)で発生する気体の反応を，化学反応式で表せ。
- (iii) 単体の銅は硝酸と反応するが，塩酸とは反応しない。この理由を 50 字以内で述べよ。

(次ページに問題Ⅱがあります。)

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

物質は、一般に固体・液体・気体の三態を持つ。物質がどの状態をとるかは、温度と圧力によって決まる。しかし、液体を凝固点以下に冷却しても、凝固がおこらない場合がある。こうした現象を ア とイ言う。この状態で結晶を投入するなどの刺激を与えると、液体は一気に凝固を始め大量の凝固熱を イ する。一方、液体を加熱していくと、液体内部に小さな気泡が生じ始め、さらに加熱を続けると、液体の表面だけでなく内部からも蒸発がおこるようになる。この現象を ウ といウい、蒸気圧が外圧と等しくなる温度でおこる。

問1 ア , ウ に入る適切な語句を答えよ。

問2 イ に入る適切な語句を次の①～③から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 放出 ② 吸収 ③ 消費

問3 下線部(a)について、実在する気体は厳密にはボイル・シャルルの法則に従わない。図2の実線は、水素・窒素・メタンの気体各1.0 molについて、一定の温度 T のもとでの圧力 P に対する $PV/(RT)$ の変化を示したものである。ここで、 V は気体の体積、 R は気体定数を表す。図2に示された圧力の範囲内で、次の問に答えよ。

(i) 圧力 2.0×10^6 Pa において、体積が最も小さい気体を答えよ。

(ii) 温度を高くすると、水素およびメタンの $PV/(RT)-P$ 曲線は、それぞれ図2中の破線 A～D のいずれになるか。適切な組み合わせを次の①～④から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 水素：A，メタン：C ② 水素：A，メタン：D
③ 水素：B，メタン：C ④ 水素：B，メタン：D

(iii) メタンの $PV/(RT)-P$ 曲線は圧力が大きいほど1よりも小さくなる。これは、メタンの気体と理想気体とのどのような違いによるものか。最も重要な原因を30字以内で説明せよ。

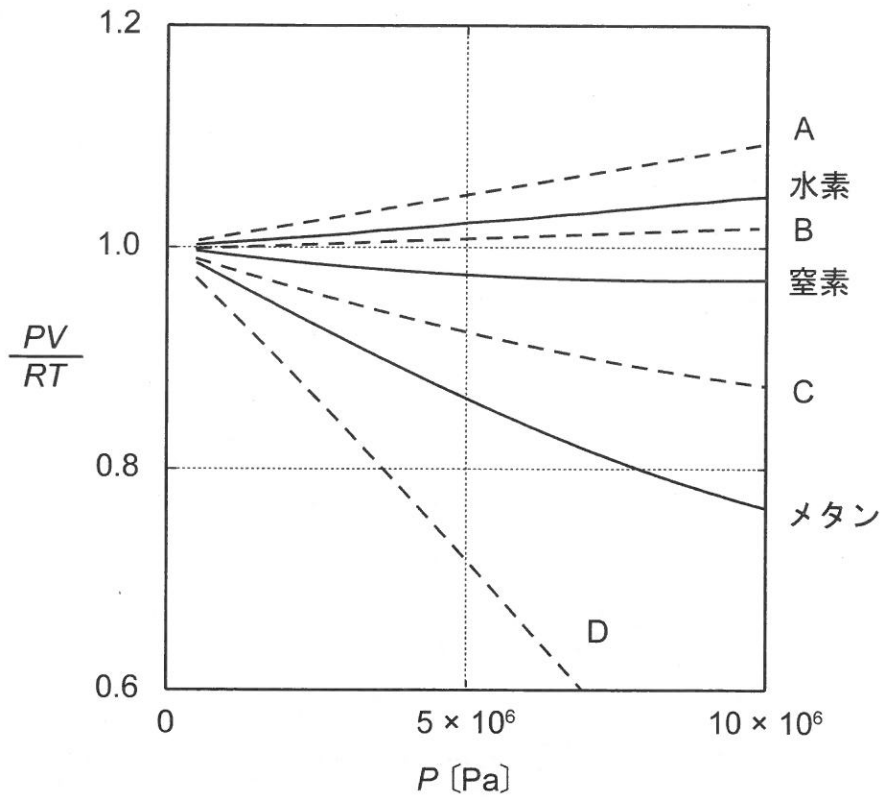


図2 各種気体 1.0 mol の $PV/(RT)-P$ 曲線

問 4 下線部(b)について、純溶媒の冷却曲線Eおよびそれを溶媒とした希薄溶液の冷却曲線Fを図3に示した。次の問に答えよ。

- (i) F上の点(ア)～(エ)の中で液体と固体が共存する点を全て選び、記号で答えよ。
- (ii) Fで温度が T_d から T_e へ徐々に低下する理由を60字以内で述べよ。
- (iii) この希薄溶液の凝固点降下度 Δt を図中の $T_a \sim T_f$ から適切な記号を用いた式で表せ。
- (iv) 500 gの水に0.020 molの塩化ナトリウムを完全に溶かし、 -0.40°C で長時間放置すると氷が生じる。生じる氷の質量を有効数字2桁で求めよ。ただし、実験は1気圧で行い、水のモル凝固点降下は $1.86\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ であり、塩化ナトリウムは完全に電離しているものとする。

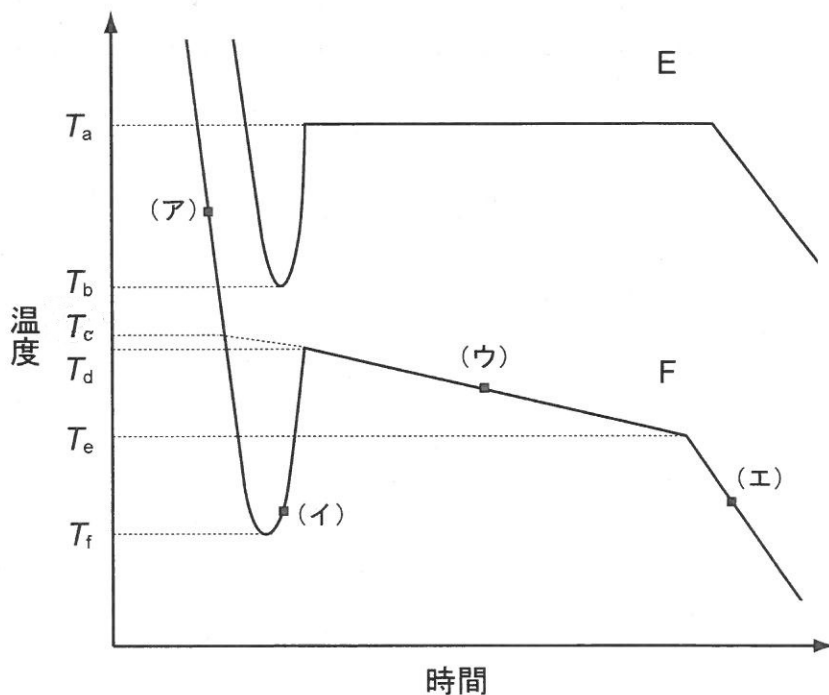


図3 冷却曲線

問 5 下線部(c)について、3種類の物質の蒸気圧曲線 G, H, I を図4に示した。

図4に示された圧力および温度の範囲内で、次の問に答えよ。ただし、気相は理想気体として振る舞うものとする。

- (i) 5.0×10^4 Pa において、沸点が最も低い物質の蒸気圧曲線を G~I から1つ選び、記号で答えよ。
- (ii) 蒸気圧曲線 H を示す物質 0.10 mol をピストン付きシリンダーの中に入れ、シリンダーの内容積 40 L で 300 K に保った。シリンダー内の気体の圧力 [Pa] を有効数字2桁で求めよ。
- (iii) (ii)のピストン付きシリンダーの内容積を 20 L までゆっくり減少させ、300 K に保った。この時の気体の圧力 [Pa] を有効数字2桁で求めよ。

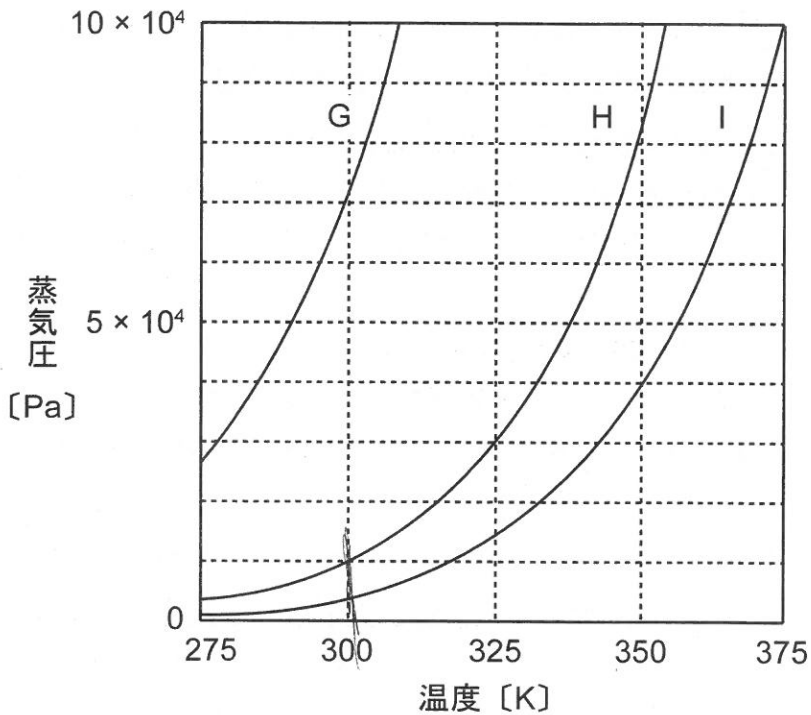


図4 蒸気圧曲線

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問9に答えよ。

抽出は最も基本的な化学的分離法の一つである。一般に、有機化合物は有機溶媒に溶けやすいが、官能基によっては酸や塩基の水溶液で塩を形成して水に溶けやすくなり、有機溶媒に溶けにくくなる。抽出による有機化合物の分離は、この溶解性の変化を利用している。有機溶媒としては、有機化合物を溶解しやすく、沸点が低いジエチルエーテル(以下、エーテル)が用いられることが多い。

以下の1)～5)が分かっている有機化合物A、B、C、Dがある。

- 1) 化合物A、B、C、Dは、いずれもパラ2置換ベンゼン環を持つ芳香族化合物であり、化合物A、Bの分子量は150以下である。
- 2) 化合物Aの希塩酸溶液を氷冷し、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えて、この溶液の温度を室温まで上昇させると化合物Dを生じる。
- 3) 化合物Bは塩素原子1個を含む。化合物Bに硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて反応させると、二酸化炭素が発生し化合物Cを生じる。
また、暗所で化合物Bに臭素を反応させると、分子量が159.8増加した化合物Eを生じる。
- 4) 化合物Cは塩素原子1個を含む。
- 5) 化合物Dは、炭素、水素、酸素からなる化合物で、不斉炭素を含む。化合物D 300 mgを完全燃焼させると、水 252 mgと二酸化炭素 880 mgを生じる。

化合物A、B、C、Dの混合物に対し以下の分離操作を行った(図5)。混合物のエーテル溶液に塩酸を加え、分液漏斗^(a)で水層1とエーテル層1に分離した。酸性を示す水層1を適切に処理すると化合物Aが得られた。エーテル層1に水酸化ナトリウム水溶液を加え、分液漏斗でエーテル層2と塩基性を示す水層2に分離した。エーテル層2からは化合物Bが得られた。水層2に十分な量の二酸化炭素を吹き込み、次いでエーテルを加えてから分液漏斗^(c)で水層3とエーテル層3に分離した。水層3を適切に処理すると化合物Cが得られ、エーテル層3からは化合物Dが得られた。

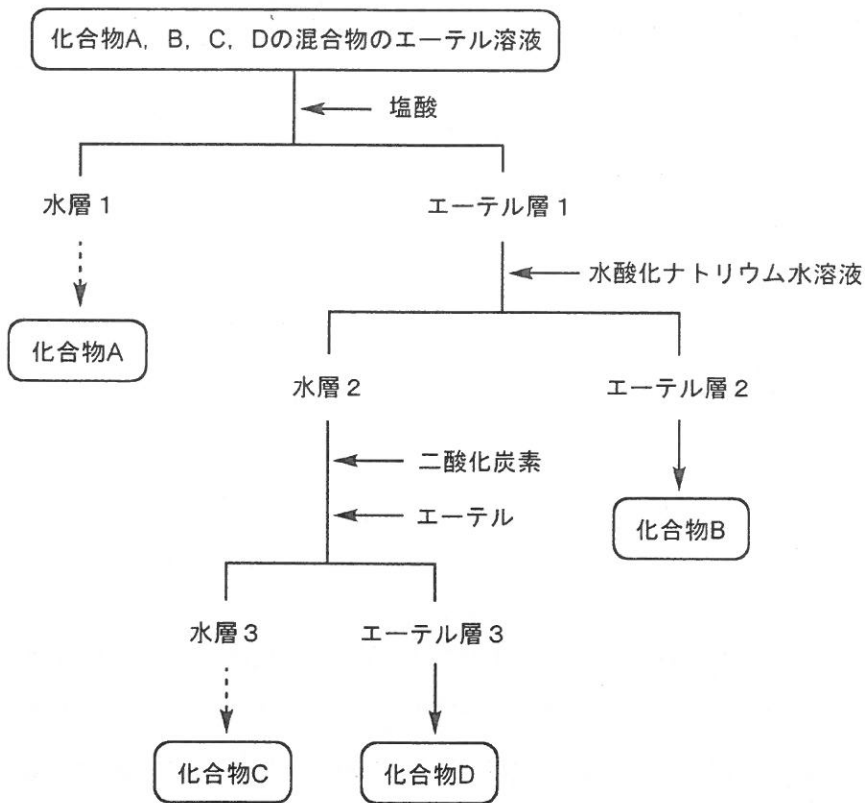


図5 化合物 A, B, C, D の分離

問 1 下線部(a)について、塩素原子が含まれていることを確認するための実験操作と観察される現象をあわせて 40 字以内で説明せよ。なお、実験操作には以下のものから 1 つだけ選んで用いること。

ナトリウム 硫酸銅(Ⅱ)無水物 塩化鉄(Ⅲ)水溶液
 フェーリング液 ニンヒドリン水溶液 銅線

問 2 下線部(b)について、水層とエーテル層が入っている分液漏斗を十分に振り、その後静置すると、水層は に、エーテル層は となる。
, にあてはまる最も適切な語句を、それぞれ次の①～③から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① 上層 ② 中間層 ③ 下層

問 3 化合物 D が完全に燃焼するときの反応を化学反応式で表せ。ただし、化合物 D は分子式のまま表記せよ。

問 4 化合物 D を構造式で答えよ。

問 5 化合物 A を構造式で答えよ。

問 6 化合物 B を構造式で答えよ。

問 7 下線部(C)の実験操作で化合物 D がエーテル層 3 に抽出される理由を 100 字以内で述べよ。

問 8 化合物 B に適切な試薬をわずかに加えて加熱すると、付加重合により平均分子量 3.46×10^5 の高分子化合物を生じた。生じた分子 1 個の中に平均して何個の塩素原子が含まれるか有効数字 2 桁で求めよ。なお、高分子化合物の末端の構造は考慮しなくてよい。

問 9 付加重合を、次の①～⑦からすべて選び、番号で答えよ。

- ① アクリロニトリルからポリアクリロニトリルを生成する重合
- ② アジピン酸とヘキサメチレンジアミンからナイロン 66 を生成する重合
- ③ イソプレンからポリイソプレンを生成する重合
- ④ エチレンからポリエチレンを生成する重合
- ⑤ ϵ -カプロラクタムからナイロン 6 を生成する重合
- ⑥ テレフタル酸とエチレングリコールからポリエチレンテレフタレートを生成する重合
- ⑦ テレフタル酸ジクロリドと *p*-フェニレンジアミンからポリ(*p*-フェニレンテレフタルアミド)を生成する重合