

東北大学 医学部 歯学部

平成 25 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 25 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～ 21 ページ, 化 学…… 22 ～ 37 ページ

生 物…… 38 ～ 49 ページ, 地 学…… 50 ～ 58 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択	13 : 30 ～ 16 : 00 (150 分)
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択	
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 58 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあつた場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

東北大学

問題訂正 《理科》

○【化学】

22 ページ
上から 5 行目

(誤) 字句

(正) 字数

○【生物】

42 ページ
2 問(2) 上から 1 行目

(誤) 構造としてとして

(正) 構造として

化 学

計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量 $H = 1.0$ $C = 12.0$ $N = 14.0$ $O = 16.0$ $Fe = 55.8$

気体定数 $R = 8.31 \text{ kPa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$, 円周率 $\pi = 3.14$

解答に字数の指定がある場合、以下の例に示すように、字句には句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。なお、問題中の体積記号Lは、リットルを表す。

(例)

4	°	C	の	H	₂	O	が	,
---	---	---	---	---	--------------	---	---	---

- 1 次の文章を読み、問1から問4に答えよ。また、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

分子同士には引きつけ合う力が働き、この力は分子間力と呼ばれる。電気陰性の異なる原子間に共有結合があると、結合に ア と呼ばれる電荷のかたよりが生じ、それが原因となって分子間に静電的な引力が生じる。このような引力は特に分子内の正負の電荷の重心が一致しない分子で顕著となる。また、単原子分子のように分子内に電荷のかたよりが無く静電的な引力が働かない場合でも、分子の間には電荷分布の揺らぎに起因する引力が働く。この引力はどのような分子間にも必ず働く力である。ここでは、これら2種類の力をあわせてファンデルワールス力と呼ぶ。

水素原子が介在する分子間力は水素結合と呼ばれる。分子中の水素原子がいくらかの正電荷($\delta +$)を帯びていると、その水素原子が他の分子のいくらかの負電荷($\delta -$)を帯びた原子と静電力で引き合うことにより引力を生じる。水素原子と引き合う原子が酸素原子であった場合、酸素原子の非共有電子対(孤立電子対)が

実質的に負電荷を担い、非共有電子対は水素原子と1対1で向き合うことにより水素結合を形成する。水素結合の有無は物質の融点や沸点、融解熱や蒸発熱に大きな影響を与える。表1にいくつかの物質のデータを示す。

表1

分 子	融 点 (°C)	沸 点 (°C)	融解熱 (kJ/mol)	蒸発熱 (kJ/mol)
水	0	100	6.0	40.7
メタノール	− 97	65	3.2	35.3
メタン	− 182	− 162	0.9	8.2
ジメチルエーテル	− 141	(A)	4.9	21.5
ジエチルエーテル	− 119	(B)	7.2	26.5

注) 沸点, 融点は大気圧(1.01×10^2 kPa)における値である。

問 1 文中の空欄 ア に適切な語句を書け。

問 2 以下の(a)から(f)に示した分子の中で、下線部 a) に述べた分子に該当するものをすべて選び、解答欄の対応する記号を○で囲め。

- | | |
|----------------------|-----------|
| (a) 二酸化炭素 | (b) アンモニア |
| (c) テトラクロロメタン(四塩化炭素) | (d) エチレン |
| (e) トルエン | (f) ナフタレン |

問 3 水とメタノールの水素結合に関して以下の問いに答えよ。

(1) 水分子の電子式を書け。

(2) 固体の水(氷)は、可能な水素結合をすべて形成している状態である。このとき固体中の水 1 分子は、周囲の イ 個の水分子と水素結合する。

上の空欄 イ に適切な数値を書け。

(3) メタノールが蒸発するときの熱化学方程式を書け。

(4) いま、以下のことを仮定する。(i)ファンデルワールス力と水素結合は別なものとする。(ii)水では、ファンデルワールス力は無視でき、分子間力は水素結合だけが働く。(iii)水とメタノールでは、水素結合 1 本当たりのエネルギーは等しい。(iv)メタンとメタノールのファンデルワールス力は等しい。(v)すべての分子において、固体と液体で温度上昇に必要な熱量は無視できる。これらの仮定に加えて、表 1 に示された数値を用いると、固体の水がもつ水素結合のエネルギーの総和は ウ kJ/mol と見積もることができる。また固体の水 1 分子あたりの水素結合の本数は固体のメタノール 1 分子あたりのその エ 倍であることがわかる。

上の空欄 ウ , エ に入る数値をそれぞれ有効数字 2 桁^{けた}で書け。導出の過程も示せ。

問 4 ジメチルエーテルとジエチルエーテルについて、以下の問いに答えよ。必要であれば表 1 および次ページの図 1 に示す飽和蒸気圧曲線を参照せよ。ただし、液化したジエチルエーテルの体積は無視できるものとする。

(1) ジエチルエーテルの蒸発熱はジメチルエーテルのそれよりも大きい。その理由として最も適切なものを次の選択肢(a)から(e)の中から 1 つ選び、解答欄の対応する記号を○で囲め。

(a) ジエチルエーテルはジメチルエーテルよりも水素結合を作りやすいから。

(b) ジエチルエーテルはジメチルエーテルよりも炭素原子数が多いから。

(c) ジエチルエーテルはジメチルエーテルよりも分子が折れ曲がりやすいから。

(d) ジエチルエーテルはジメチルエーテルより炭化水素基同士が近づきやすいから。

(e) ジエチルエーテルはジメチルエーテルより熱運動が激しいから。

(2) 表 1 の空欄(A), (B)に入る適切な数値を有効数字 2 桁で書け。

(3) 容量が可変である容器を考える。いったん真空にした容器に 0.10 mol のジエチルエーテルを入れ、容器内部の温度を 21 °C にして静置した。このとき、ジエチルエーテルが液化しないためには、容器容積は

オ

 L より大きいことが必要である。

上の空欄

オ

 に適切な数値を有効数字 2 桁で書け。

- (4) 上記(3)の操作において、ジエチルエーテルに加えて更に 0.40 mol の窒素を容器に入れ、容器内部の温度を 21°C にして静置した。ジエチルエーテルが液化しないためには、容器容積は カ L より大きいことが必要である。

上の空欄 カ に適切な数値を有効数字 2 桁で書け。

- (5) 上記(4)の操作において、容器容積を 2.0 L にした。温度 21°C で容器中の気体の平均分子量は キ となる。

上の空欄 キ に適切な数値を有効数字 2 桁で書け。

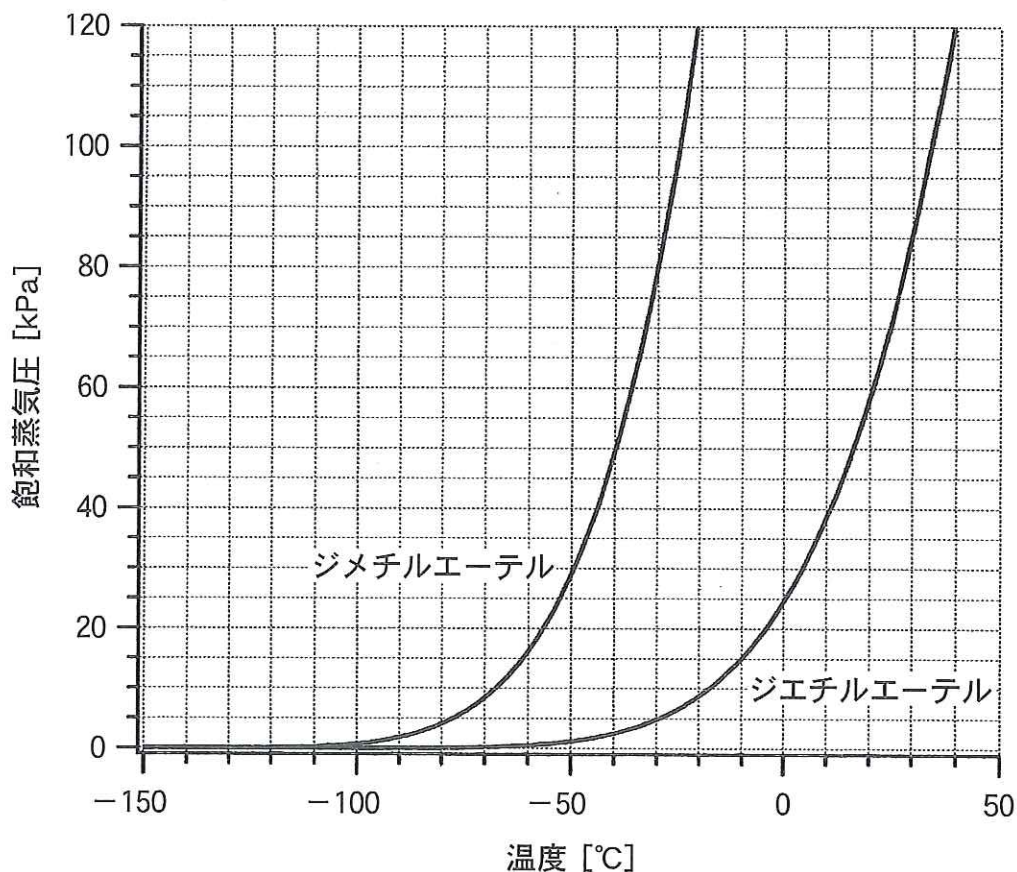


図1 飽和蒸気圧曲線

——このページは白紙——

2 次の文章(I)と(II)を読み、問1から問11に答えよ。

(I) 鉄は酸素と化合しやすく、常温の大気中では赤さびが安定である。赤さびは主に であり、鉄鉱石の主成分である。赤さびを還元すると黒さびになる。黒さびは である。溶鉱炉によって鉄鉱石から鉄を製造する場合、主成分が炭素であるコークスを用いて鉄鉱石の還元^{a)}を行う。溶鉱炉の底で融解した状態で得られる、炭素を質量パーセント濃度で約4%含む鉄を という。次に転炉において、 に酸素を吹込み、炭素を質量パーセント濃度で2%以下にしたものを という。 は鑄造され固体となり、圧延工程などを経て鉄製品となる。

問1 文中の空欄 , に入る適切な化学式を書け。

問2 文中の空欄 , に入る適切な語句を書け。

問3 下線部a)に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) がその成分元素の単体から生成するときの反応を化学反応式で書け。
- (2) がその成分元素の単体から生成するときの反応を化学反応式で書け。
- (3) および の生成熱はそれぞれ 830 kJ/mol および 1120 kJ/mol である。 から、 と 1.00 mol の O_2 が生じるときの熱化学方程式を書け。ただし、熱量[kJ]は有効数字3桁^{けた}で表せ。

問 4 ウ , エ を酸化しない条件下で室温から加熱した際、純粋な鉄の融点より低い温度で完全に液体に変わった。この現象を何というか、答えよ。ただし、鉄を溶媒として考えてよい。

問 5 固体の純鉄を冷却すると、面心立方格子構造のオーステナイトとよばれる鉄から、体心立方格子構造のフェライトとよばれる鉄に変化する。これにもとづき、以下の問いに答えよ。ただし、鉄は完全な結晶としてあつかってよく、温度変化および圧力変化による鉄原子の体積変化はないものとする。

(1) 固体の純鉄が面心立方格子構造から体心立方格子構造に変化する際、体積はどうなるか以下の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) 変化しない (b) 増加する (c) 減少する

(2) i) 面心立方格子および ii) 体心立方格子それぞれについて、構成する原子自身が結晶中の空間に占める体積の割合を示せ。ただし、円周率(π)および平方根($\sqrt{\quad}$)が必要な場合は、これらを含む式で表せ。また、構成する原子自身が結晶中の空間を完全に占める場合の体積の割合を 1 とする。

(3) 面心立方格子構造の 1.00 cm^3 の鉄が体心立方格子構造に変化した場合の体積 [cm^3] を有効数字 3 桁で求め、その数値を書け。

(Ⅱ) 新しい表面が銀白色を呈する 6 種類の金属 A, B, C, D, E, F がある。これらは、マグネシウム、アルミニウム、カルシウム、鉄、銅、銀、金、白金のうちのどれかに該当する。これらの金属について実験を行い、下記に示す(ア)から(カ)の結果を得た。

(ア) A, B, C のうち、A は水酸化ナトリウム水溶液に溶解した。 B, C は水酸化ナトリウム水溶液に溶解しなかった。
b)

(イ) D は水と激しく反応した。

(ウ) A, B, C, E のうち、B のみが濃硝酸に溶解した。
c)

(エ) A, B, C, E のうち、A, B, E が希硝酸に溶解した。

(オ) F は熱水と反応した。

(カ) A, B をそれぞれ室温から徐々に加熱したところ、化学変化せず A, B の順に融解した。

問 6 A, B, C, D, E, F の金属を元素記号で、それぞれ書け。

問 7 下線部 b) の反応を化学反応式で書け。

問 8 C を触媒として用い、アンモニアから下線部 c) の濃硝酸を製造する方法の名称を書け。

問 9 問 8 の方法によって 100 g のアンモニアをすべて硝酸にすると、質量パーセント濃度 70 % の硝酸は何 g 得られるか。その数値を解答欄に書け。ただし、解答は小数点以下第一位を四捨五入して答えよ。

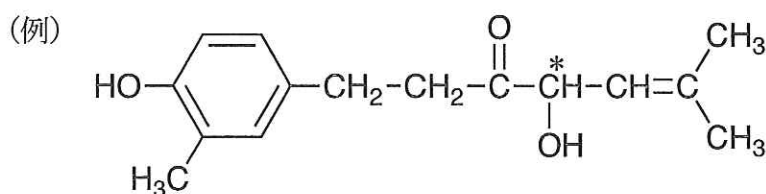
問10 結果(ウ)において、A, E が溶解しない理由を 20 字以内で書け。

問11 A のように酸および塩基の水溶液のどちらにでも溶解する元素を一般に何というか。その名称を書け。

——このページは白紙——

3 分子式 $C_{20}H_{23}NO_3$ の化合物 **A** を，化合物 **B**，**C**，**D** を原料として合成した。

以下に記す実験 1 から実験 9 を読み，問 1 から問 6 に答えよ。ただし，実験 1 から実験 6 は主に化合物 **B**，**C**，**D** の構造決定に関連する実験，実験 7 から実験 9 は化合物 **A** を合成する実験である。構造式や不斉炭素原子の表示(*)を求められた場合は，次の例にならって書け。ただし，光学異性体は区別しない。



実験 1 分子式 $C_7H_7NO_2$ の芳香族化合物 **B** を，スズと塩酸を用いて還元すると分子式 C_7H_9N の化合物 **E** が得られた。化合物 **E** は，ベンゼン環上の水素原子のいずれか 1 つを臭素原子に置き換えた場合，互いに異性体の関係にある 2 種類の化合物を与えうる構造をもっていた。

実験 2 化合物 **E** の希塩酸溶液を冷却しながら，亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると化合物 **F** が得られた。さらに，化合物 **F** をナトリウムフェノキシド水溶液と反応させると，赤橙色を示す化合物 **G** が得られた。

実験 3 炭素，水素，酸素原子のみから構成される分子量 136.0 の芳香族カルボン酸 **C** 11.9 mg を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 30.8 mg と水 6.3 mg が生成した。

実験 4 化合物 **C** を過マンガン酸カリウムで酸化した後，希硫酸を加えたところ化合物 **H** が得られた。化合物 **H** は，ベンゼン環上の水素原子のいずれか 1 つを臭素原子に置き換えた場合，互いに異性体の関係にある 3 種類の化合物を与えうる構造をもっていた。

実験5 化合物 **D** は不斉炭素原子を1つもち、環状の構造をもたないカルボン酸である。化合物 **D** に希硫酸を加えて加水分解したところ、ヒドロキシ酸 **I** と酢酸が生成した。

実験6 化合物 **I** を適切な酸化剤を用いて酸化したところ、分子量が化合物 **I** のものよりも2.0減少した化合物 **J** が得られた。化合物 **J** は銀鏡反応を起こさず、ヨードホルム反応を起こした。また、化合物 **J** は不斉炭素原子をもっていなかった。

実験7 化合物 **D** と化合物 **E** とを縮合させたところ、化合物 **D** と化合物 **E** がそれぞれ0.5 mol ずつ消費され、化合物 **K** と水がそれぞれ0.5 mol ずつ生成した。

実験8 化合物 **K** に十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて穏やかに反応させたところ、化合物 **K** と水酸化ナトリウムがそれぞれ0.2 mol 消費され、化合物 **L** と酢酸ナトリウムがそれぞれ0.2 mol ずつ生成した。なお、この実験条件では実験7で新たに生成した結合は変化しなかった。

実験9 化合物 **C** と化合物 **L** とを縮合させたところ、化合物 **C** と化合物 **L** がそれぞれ0.1 mol ずつ消費され、化合物 **A** と水がそれぞれ0.1 mol ずつ生成した。

問1 化合物 **E** の構造式を書け。

問2 以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 実験2でおこなった化合物 **F** とナトリウムフェノキシドから化合物 **G** が得られる反応を何とよぶか。その名称を書け。

(2) 化合物 **G** の構造式を書け。

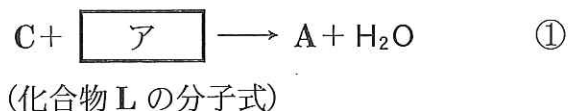
問 3 以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 化合物 **C** の分子式を書け。

(2) 化合物 **H** の構造式を書け。

問 4 以下の(1)から(5)の問いに答えよ。

(1) 実験 9 でおこなった、化合物 **C** と化合物 **L** から化合物 **A** と水ができる反応は①式で表される。



式中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ に入る化合物 **L** の分子式を書け。

(2) 実験 8 でおこなった、化合物 **K** と水酸化ナトリウムから化合物 **L** と酢酸ナトリウムができる反応を、分子式を用いた化学反応式で書け。

(3) 化合物 **D** の分子式を書け。

(4) 化合物 **J** の構造式を書け。

(5) 化合物 **D** の構造式を書け。不斉炭素原子に*印をつけよ。

問 5 実験 7 でおこなった、化合物 **D** と化合物 **E** の脱水縮合によって化合物 **K** が生成する際に新たにできる結合を何とよぶか。その名称を書け。

問 6 化合物 **A** の構造式を書け。不斉炭素原子に*印をつけよ。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

——このページは白紙——