

令和4年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～21 ページ

化 学 22 ページ～33 ページ

生 物 34 ページ～48 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

化 学

注意 1. 志望する学部・学科等により，表に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科等		解答する問題番号			
国際教養学部	志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	4
教育学部	志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	
理学部	物理学科志望者，および数学・情報数理学科，生物学科，地球科学科志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	
理学部	化学科	1	2	3	4
工学部		1	2	3	
園芸学部	志望者のうち化学を選択する者	1	3	4	
医学部	志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	4
薬学部		1	2	3	4
看護学部	志望者のうち化学を選択する者	1	3	4	
先進科学プログラム (方式Ⅱ)	物理学関連分野，化学関連分野志望者，および生物学関連分野志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	
先進科学プログラム (方式Ⅱ)	工学関連分野	1	2	3	
先進科学プログラム (方式Ⅱ)	植物生命科学関連分野	1	3	4	
先進科学プログラム (総合型選抜)		1	2	3	

注意 2. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に、指定された方法で記入しなさい。

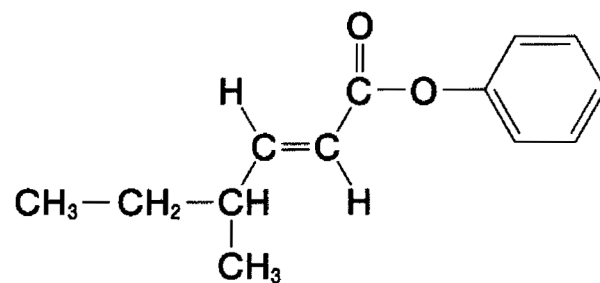
3. 必要があれば次の数値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

K = 39.1

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

4. 構造式は下の例にならって解答しなさい。

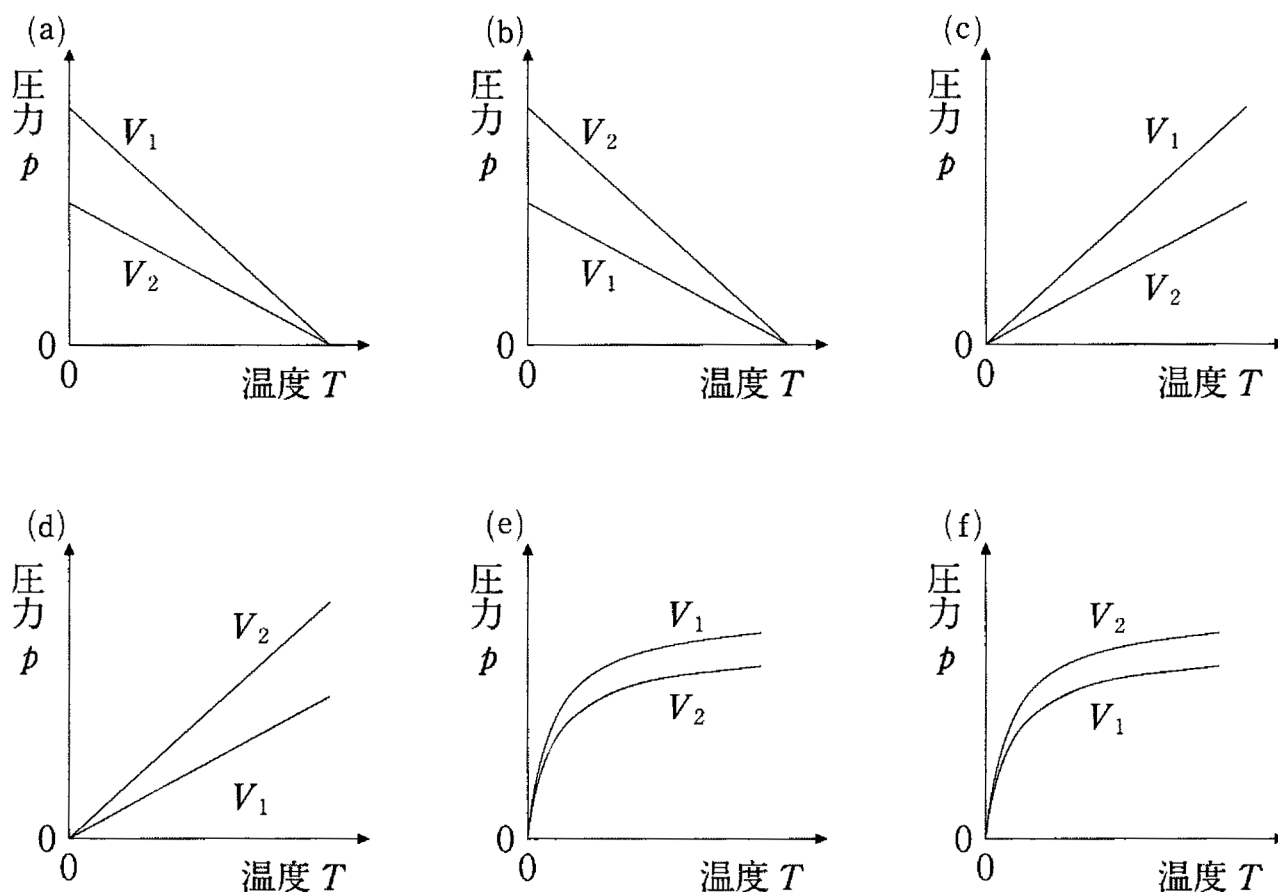


1 次の文章Ⅰ・Ⅱを読み、以下の問い(問1～7)に答えなさい。

Ⅰ 容積が異なる二つの容器に同じ物質量の理想気体を入れて密閉した。それぞれの理想気体について、①温度 T [K] を変化させて圧力 p [Pa] を測定した。

これとは別に、②ある物質量の理想気体を容積が変化しない 1.00 L の容器に入れて密閉した。温度を 300 K から 310 K まで変化させたところ、圧力は $1.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ だけ変化した。

問1 下線部①の関係を表す図として適切なものを、次の(a)～(f)から一つ選び、記号で答えなさい。ただし、二つの容器の容積 V_1 および V_2 はそれぞれ一定であり、 $V_1 > V_2$ とする。



図

問2 下線部②の理想気体の物質量は何 mol か。計算過程も示し、有効数字2けたで答えなさい。

Ⅱ 実在気体では、特に ア や高圧において理想気体の状態方程式から大きく外れるために、補正を加えたファンデルワールスの状態方程式が提案された。温度 T [K]、物質質量 n [mol] の実在気体の圧力を p_r [Pa]、体積を V_r [L]、ファンデルワールス定数を a [Pa·L²/mol²] および b [L/mol] とする。理想気体に比べて、実在気体では分子間に イ が働くために圧力は ウ する。この効果は気体分子の濃度 $\frac{n}{V_r}$ の 2 乗に比例するので、実在気体の圧力 p_r に対して補正後の気体の圧力は A となる。さらに、^③ 実在気体では分子が自由に動ける体積が減少することを考慮すると、実在気体の体積 V_r に対して、補正後の体積は B となる。以上のことから、ファンデルワールスの状態方程式は $(\text{ A }) \times (\text{ B }) = nRT$ となる。^④ ファンデルワールス定数 a は水素などの無極性分子に比べて、アンモニアなどの極性分子では大きくなる。

問 3 ア ～ ウ にあてはまる語句の組み合わせとして適切なものを、次の(a)～(h)から一つ選び、記号で答えなさい。

	ア	イ	ウ
(a)	高温	引力	増加
(b)	高温	引力	減少
(c)	高温	反発力	増加
(d)	高温	反発力	減少
(e)	低温	引力	増加
(f)	低温	引力	減少
(g)	低温	反発力	増加
(h)	低温	反発力	減少

問 4 A および B にあてはまる式を, p_r , V_r , n , a , および b のうち必要な記号を用いてかきなさい。

問 5 下線部③について, 自由に動ける体積の減少の程度は, 高圧下では大きくなる。この理由を 40 字以内で答えなさい。

問 6 下線部④の理由を 40 字以内で答えなさい。

問 7 3.00 mol の実在気体が温度 320 K で 1.50 L の体積を占めるとき圧力は何 Pa か。計算過程も示し, 有効数字 2 けたで答えなさい。ただし, $a = 3.70 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{L}^2/\text{mol}^2$, $b = 0.0430 \text{ L/mol}$ とする。

2 次の文章を読み、以下の問い(問1～7)に答えなさい。

①黒鉛、フラーレン、グラフェン、およびダイヤモンドは、周期表の14族に属する炭素からなる材料である。これらの性質の違いは、結合状態が大きく関係している。例えばダイヤモンドは、炭素原子の ア 個の価電子を使い、多数の炭素原子が次々と イ で結びついている。そのためダイヤモンドの性質は ウ 。黒鉛では、各炭素原子の エ 個の価電子を使い、隣接する エ 個の炭素原子と イ を形成している。この黒鉛は、グラフェン同士が オ で結びついているため、その性質は カ 。

黒鉛は、携帯電話、ノートパソコン、および電気自動車など様々な製品に利用されている キ 電池の電極としても応用されている。その他にも、一般的に ク 触媒をつけた多孔質の炭素板が炭素を含む材料として③リン酸形燃料電池の電極に使用されている。

問1 ア ～ ク にあてはまる最も適切な語句または数字を、次の語群からそれぞれ一つずつ選びなさい。

語 群

0	1	2	3
4	5	6	7
8	9	10	アルカリマンガン乾
ダニエル	鉛蓄	マンガン乾	リチウムイオン
イオン結合	共有結合	金属結合	水素結合
配位結合	分子間力	延性に富む	非常に硬い
やわらかい	チタン	銅	白金
リン	リン酸		

問 2 ダイヤモンドの単位格子の一辺の長さを a [cm], 炭素のモル質量を M [g/mol], アボガドロ定数を N_A [/mol] としたとき, ダイヤモンドの密度 d を表す式をかきなさい。導出過程も示し, 密度の単位もかきなさい。

問 3 下線部①の 4 種類の材料のうち, 電気伝導性のあるものをすべてかきなさい。

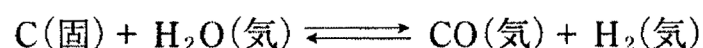
問 4 下線部②について, 負極と正極で起こる充電時の反応を電子 e^- を含むイオン反応式でかきなさい。なお, 一方の電極には黒鉛が使用され, 他方の電極にはコバルト化合物が使用されているものとする。また, 黒鉛は C, 黒鉛の中に金属 M が入っている物質は MC とかきなさい。M には適切な金属の元素記号をかきなさい。

問 5 下線部③について, 水素, 酸素, およびリン酸水溶液を使用した場合の電池式をかきなさい。

(例) 酸化銀電池の電池式 $(-)Zn|KOH\ aq|Ag_2O(+)$

問 6 炭素(固体)の反応について, 次の(1)・(2)に答えなさい。

- (1) 炭素(固体)と水蒸気を反応させると一酸化炭素と水素が生じて, 以下の反応が平衡状態に達する。このときの濃度平衡定数 K_c を物質のモル濃度の記号を用いて表しなさい。



- (2) 炭素(固体) 1.50 mol および水蒸気 1.00 mol を 100 L の容器の中に入れて密閉し, ある温度で一定に保ったところ, (1)に示した反応のみが進行して平衡に達した。このとき, 一酸化炭素および水素がそれぞれ 0.50 mol 生成した。この反応の濃度平衡定数を有効数字 2 けたで答えなさい。また, 単位もかきなさい。

問 7 化学反応速度と温度の関係はアレニウスの式($k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$)で表される。ここで、 k は反応速度定数、 A は頻度因子とよばれる定数、 E_a は活性化エネルギー、 R は気体定数である。絶対温度 T_1 のときの反応速度定数を k_1 、絶対温度 T_2 のときの反応速度定数を k_2 とするとき、活性化エネルギー E_a を表す式を、 T_1 、 T_2 、 k_1 、 k_2 、および R を用いてかきなさい。導出過程も示しなさい。

3 次の文章を読み、以下の問い(問1～7)に答えなさい。

少量の鉄粉存在下、ベンゼンに ア を反応させるとクロロベンゼンが得られた。この反応では、鉄粉と ア が反応して生じる イ が ウ として働いている。また、鉄粉を用いずに、ベンゼンと過剰量の ア の混合物に紫外線を当てて十分に反応させると化合物 A が得られた。クロロベンゼンを試薬 X の水溶液に加え、高温・高圧下で反応を行うとナトリウムフェノキシドが得られた。ナトリウムフェノキシドは、ベンゼンを試薬 Y とともに加熱して得られるベンゼンスルホン酸を試薬 X の水溶液中で中和後、^① 固 体の試薬 X を加えて高温で反応させて得ることもできる。

^② ナトリウムフェノキシドと二酸化炭素を高温・高圧下で完全に反応させたところ、化合物 B が得られた。一方、ナトリウムフェノキシドを^③ 水に溶かし、常温・常圧下で二酸化炭素を十分に通じたところ、化合物 C が生成した。化合物 B に希硫酸を加えると、化合物 D が得られた。化合物 D にメタノールと濃硫酸を作用させると、化合物 E が得られた。また、化合物 D に無水酢酸と濃硫酸を作用させると、化合物 F が得られた。化合物 E や化合物 F は、対症療法薬として使われている。

p-ニトロフェノールのニトロ基を試薬 Z で還元した後、アンモニア水を加えると *p*-アミノフェノールが生じた。この *p*-アミノフェノールに同じ物質量の無水酢酸を作用させると、対症療法薬として利用されている化合物 G が得られた。

なお、化合物 A～G は有機化合物である。

問 1 ア ～ ウ にあてはまる物質名もしくは適切な語句をかきなさい。

問 2 化合物 A の分子式をかきなさい。

問 3 試薬 X, Y, および Z の化学式として適切なものを, 次の(a)~(l)から一つずつ選び, 記号で答えなさい。

- | | | |
|--|-----------------------------|---|
| (a) HCl | (b) H_2SO_4 | (c) $\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$ |
| (d) $\text{NaNO}_2, \text{HCl}$ | (e) Sn, HCl | (f) NaOH |
| (g) $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ | (h) H_2O | (i) Br_2 |
| (j) NaCl | (k) NaHCO_3 | (l) MgSO_4 |

問 4 下線部①によりナトリウムフェノキシドを得る操作を何というか答えなさい。

問 5 次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 化合物 B の構造式をかきなさい。
- (2) ナトリウムフェノキシドを用いて下線部③の操作により化合物 C が生成する反応を, 示性式を用いて化学反応式でかきなさい。
- (3) 下線部②について, ナトリウムフェノキシド 34.8 g を用いてこの反応を短時間行った場合には, 反応は完全には進行しなかった。そのまま, 下線部③の操作を行ったところ, 化合物 B と C が混合物として得られた。化合物 C が 14.1 g 得られたとき, 化合物 B は何 g 得られたか。有効数字 2 けたで答えなさい。ただし, 下線部③の操作による反応については完全に進行したものとし, 得られた生成物は化合物 B と C のみとする。

問 6 化合物 D~G の構造式をかきなさい。

問 7 イ の水溶液を加えると呈色するものを, 次の(a)~(f)からすべて選び, 解答欄の記号を○で囲みなさい。

- | | |
|---------------|-------------|
| (a) クロロベンゼン | (b) 1-ナフトール |
| (c) ベンジルアルコール | (d) 化合物 D |
| (e) 化合物 E | (f) 化合物 F |

4

次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

油脂 A は、1 分子のグリセリンに 3 分子の直鎖の高級脂肪酸がエステル結合した構造をもつ純物質である。それらの高級脂肪酸の炭化水素基に不飽和結合が含まれる場合には、その結合は二重結合のみである。油脂 A に関する以下の実験を行った。

【実験 1】 一定量の油脂 A をはかりとり、3.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に加水分解したところ、10.0 mL を要した。

【実験 2】 実験 1 と同じ量の油脂 A をはかりとり、ニッケル触媒の存在下で完全に水素を反応させ、油脂 B を得た。このときに反応した水素の体積は、標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa)で 672 mL であった。ただし、水素は理想気体としてふるまうものとする。

【実験 3】 実験 2 で生じた油脂 B に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に加水分解した後、塩酸を加えて酸性にし、ジエチルエーテルで抽出した。その結果、1 種類の高級脂肪酸 C が 8.52 g 得られた。

問 1 高級脂肪酸 C の示性式と名称を答えなさい。

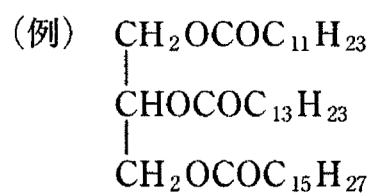
問 2 油脂 B のけん化価を有効数字 2 けたで答えなさい。

問 3 油脂 A について、次の(1)・(2)に答えなさい。

(1) 1 分子の油脂 A には、何個の炭素原子間二重結合が存在するか、答えなさい。

(2) 油脂 A の分子量を有効数字 3 けたで答えなさい。

問 4 実験 3 の下線部の化学反応式をかきなさい。ただし、油脂の構造は以下の例にならってかきなさい。



問 5 油脂 A として考えられる構造は何種類あるか、答えなさい。ただし、立体異性体および各炭化水素基中の炭素原子間二重結合の位置の違いは考慮しないものとする。

