

令和 2 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

化 学

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
人間社会学域	学 校 教 育 学 類	I, II, III, IV (4 問)
理 工 学 域	数 物 科 学 類 物 質 化 学 類 地 球 社 会 基 盤 学 類 生 命 理 工 学 類	I, II, III, IV, V, VI (6 問)
医薬保健学域	医 学 類 薬学類・創薬科学類 保 健 学 類	I, II, III, IV (4 問)

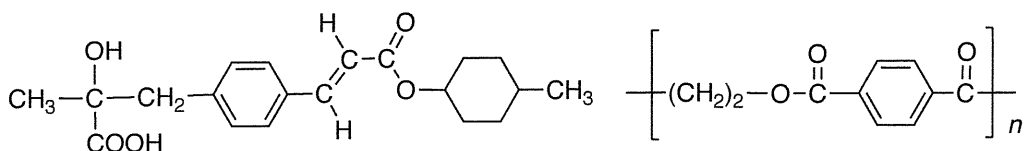
(注 意)

- 1 問題紙は指示のあるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文 18 ページであり、答案用紙は、学校教育学類、医学類、薬学類・創薬科学類、保健学類は 4 枚、数物科学類、物質化学類、地球社会基盤学類、生命理工学類は 6 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

- ・解答にあたり，必要であれば以下の数値を用いなさい。

原子量：H = 1.0，C = 12，N = 14，O = 16

- ・字数制限のある解答で，化学式を用いる場合は，例えば Ti は 2 文字， Ti^{4+} は 4 文字とする。
- ・構造式は，下図の例にならって記入しなさい。



I [学校教育学類，数物科学類，物質化学類，地球社会基盤学類，生命理工学類，医学類，薬学類・創薬科学類，保健学類]

次に示す物質(A)～(M)に関連する問 1 ～ 問 9 に答えなさい。なお，特に記載のない限り，すべて標準大気圧 (1.013×10^5 Pa) とし，気体はすべて理想気体として扱うものとする。



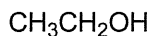
(A)



(B)



(C)



(D)



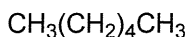
(E)



(F)



(G)



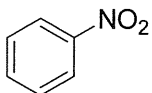
(H)



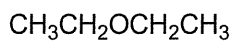
(I)



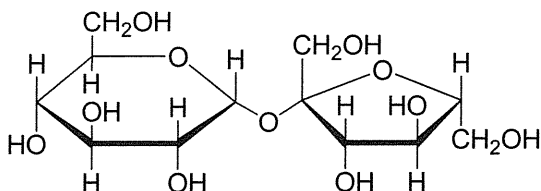
(J)



(K)



(L)



(M)

問 1 物質(A)～(M)のうち有機化合物をすべて選び、記号で答えなさい。

問 2 問 1 で選んだ有機化合物のうち、水に対する溶解度の高いものから 3 つを選び、記号で答えなさい。また、それらを選んだ最も適切な理由を次の(1)～(5)から 1 つ選び、番号で答えなさい。

- (1) ヒドロキシ基やアセタールがあり、これらは極性のない水和されやすい親水基であるから。
- (2) ヒドロキシ基やカルボキシ基があり、これらは極性のある水和されやすい親水基であるから。
- (3) これらはイオン結合しており、水和されやすいから。
- (4) これらはすべて酸素原子または窒素原子のいずれかを含んでおり、極性があり水和されやすいから。
- (5) これらは沸点が高く、液体で存在するので、溶解度が高くなるから。

問 3 水の入った試験管に物質(A)と微量の物質(E)を加えて、数秒間振ったのち静置した。このときの溶液の状態について、次の(1)～(5)から適切なものを 1 つ選び、番号で答えなさい。

- (1) (A), (E), 水が均一に混じり、赤褐色を呈する。
- (2) (A)と(E)が混じり赤褐色となり、水と 2 層を作る。このとき、水は上層にくる。
- (3) (A)と(E)が混じり赤褐色となり、水と 2 層を作る。このとき、水は下層にくる。
- (4) (E)と水が混じり赤褐色となり、(A)と 2 層を作る。このとき、(A)は上層にくる。
- (5) (A)と水は無色で 2 層を作り、(E)が上に浮く。

問 4 一定温度で、 2.0×10^5 Pa の物質(B)(3.0 L)と 3.0×10^5 Pa の物質(C)(4.0 L)を混合して、体積を 10.0 L としたときの物質(B)の分圧と混合気体の全圧を求めなさい。また、この計算に最も関連のある法則の名前を 1 つ答えなさい。

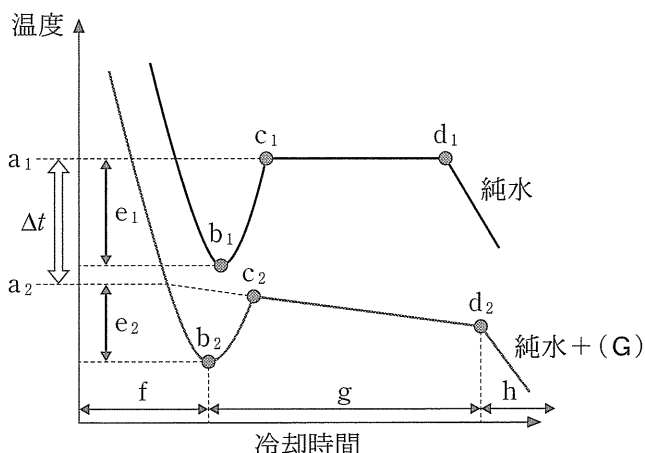
問 5 水は、 0°C で固体であり温度を上げていくと液体になり、 100°C で気体となる。一方物質(B)は、 -78.5°C では固体(ドライアイス)として存在し、温度を上げると液体状態を経ることなく気体となる。この現象を何というか答えなさい。また、このような現象が起こる理由について、下の語群より適切な語句を4つ選んで使用し、50字以内で説明しなさい。

[シャルルの法則，イオン結合，分子結晶，金属結晶，ファンデルワールス力，溶解平衡，水素結合，気液平衡，分子間力，水和，熱伝導，融解熱，無極性，極性]

問 6 物質(F)は水素原子と塩素原子が主に 結合し、 25°C では気体で存在しており、水中では電離してイオンとなって水和する 質である。したがって、「一定温度で一定量の溶媒に溶ける気体の物質量は、その気体の に比例する」という の法則が成り立たない。
 ~ に入る適切な語句を答えなさい。

問 7 物質(G)は 結合で形成され融点が い。また 体の状態では電気伝導性があるが、 体の状態では電気伝導性がない。物質(G)の水に対する溶解度は、 90°C において54、 20°C で34である。したがって、 90°C の飽和水溶液200gを 20°C まで冷却すると、析出する物質(G)は gである。
 ~ に入る適切な語句または数字を答えなさい。

問 8 下の図は、純水および物質(G)水溶液(純水 + (G))のおおよその冷却曲線を示している。次の(1)～(7)の文章で誤りがあるものを3つ選び、番号で答えなさい。



- (1) 物質(G)の水溶液を冷却すると、f では液体のみで存在し、g では溶媒の結晶と溶液が共存している。
- (2) a_1 と a_2 はそれぞれの凝固点を示し、その差を示した Δt は電離しているすべての溶質粒子(分子およびイオン)の質量モル濃度に比例し、溶質の種類には無関係である。
- (3) Δt は凝固点上昇度であり、一般的に沸点降下度とは異なる値を持つ。
- (4) e_1 と e_2 では、凝固点より低い温度でも液体でいる状態にあり、これを過冷却という。過冷却を防ぐためには、時間をかけてゆっくり冷やすか、結晶核を加えるのが効果的である。
- (5) $b_1 \rightarrow c_1$ 、 $b_2 \rightarrow c_2$ 間の温度上昇は、 b_1 、 b_2 からできはじめた結晶が一気に結晶化するため、その気化熱によるものである。
- (6) $c_1 \rightarrow d_1$ の直線は、凝固した水の結晶と水が共存しており、温度が一定となっていることを示す。水が完全に凝固するまで一定となり、 d_1 以降では下がっていく。
- (7) $c_2 \rightarrow d_2$ の直線が右下がりなのは、溶質が先に凝固を始め水に溶けている物質(G)の濃度が減るため、凝固点降下が大きくなるからである。

問 9 171 g の物質(M)を水に溶かして 500 mL にした水溶液がある。この水溶液の質量パーセント濃度，モル濃度，質量モル濃度を，それぞれ単位をつけて有効数字 2 桁で求めなさい。また，この水溶液の沸点を小数点以下 1 桁で答えなさい。ただし，水溶液の密度は 1.1 g/cm^3 ，モル沸点上昇は $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ ，物質(M)の分子量は 342 とする。

Ⅱ [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類,
医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の(1)~(9)の文章を読んで, 問1~問8に答えなさい。

- (1) 金属の中で最も融点が高い **ア** は, 電球のフィラメントとして用いられるほか, 炭素を含む合金は切削工具などに用いられる。
- (2) 銀白色の **イ** は融点が高く耐食性に優れているので電気分解の電極として用いられる。また, アンモニアを酸化して一酸化窒素を製造する触媒に用いられる。一酸化窒素を, さらに酸化して水と反応させることで硝酸が製造される。^(a)
- (3) 常温で液体である金属の単体 **ウ** を濃硫酸と反応させたのち, 塩化ナトリウムと加熱することで塩化物を得る。この塩化物の水溶液に硫化水素を通じると硫化物の黒色沈殿が生じる。
- (4) **エ** は赤みを帯びた柔らかい金属で電気伝導率が大いなので電線として利用され, **A** が大きいので調理器具や熱交換器などに用いられる。
エ を熱濃硫酸に溶解すると硫酸塩が得られる。硫酸塩の結晶中の水分子のうち, 4分子の水は **エ** の二価イオンに配位結合している。^(b)
- (5) **オ** は, 密度が大きく放射線の遮蔽材料などに用いられ, 自動車に用いられる代表的な二次電池の負極に用いられる。この二価イオンの溶液にクロム酸カリウムの溶液を加えると黄色の沈殿が生じる。^(c)
- (6) **カ** のサマリウムとの合金は強力な磁石となる。二価の無水塩化物は青色だが, 水を吸収すると淡赤色のヘキサアクア錯イオンが生じる。
- (7) **キ** は銀白色の硬い金属で, 化合物中では主に+3と+6の酸化数をとる。空気中では **B** となり酸化皮膜を作るので酸化されにくい。
ク に **キ** とニッケルを混ぜてさびにくくした合金はステンレス鋼として用いられる。

(8) ク は地殻中でアルミニウムに次いで多く存在し、二価と三価の化合物が存在する。そのヘキサシアニド鉄イオンは、プルシアンブルーやターンブルブルーと呼ばれる沈殿を生成する特徴的な呈色反応を示す。

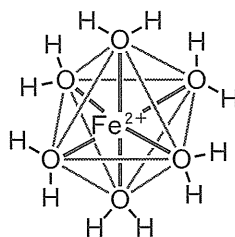
(9) ケ は室温で水とほとんど反応しないが、熱水と反応して水素を発生する。その合金は、密度が小さいので自動車や航空機に使われる。ケ は空气中で燃焼する。また、二酸化炭素中에서도燃焼する。

問 1 下にした金属の中から ア ～ ケ にあてはまる最も適切な元素を選び、元素記号で答えなさい。

カリウム、クロム、コバルト、スズ、タングステン、チタン、ナトリウム、
マグネシウム、亜鉛、金、銀、水銀、鉄、銅、鉛、白金

問 2 下線部(a)の硝酸の工業的製法の名称を答えなさい。

問 3 下線部(b)の金属イオン周りの配位構造を下の例にならって図示しなさい。



配位構造の例

問 4 A と B にあてはまる適切な用語を入れなさい。

問 5 下線部(c)の電池において放電時に負極で起こるイオン反応式を電子(e^-)の受け渡しがわかるように答えなさい。

問 6 下線部(d)の反応を利用して ク の二価イオンを検出できる。この検出方法について 60 字以内で説明しなさい。

問 7 下線部(e)の化学反応式を示しなさい。

問 8 単体の金属原子が水溶液中で電子を放出して陽イオンになろうとする性質の一般名称を答えなさい。

Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み, 問 1 ~ 問 8 に答えなさい。

炭素, 水素, 酸素のみからなる分子量 300 以下の有機化合物 A 21.9 mg を完全
(a)
燃焼させると, 二酸化炭素 52.8 mg と水 13.5 mg が得られた。

化合物 A のエステル結合を完全に加水分解すると, 3 つの化合物 B, C, D が得られた。化合物 B は隣り合った炭素原子それぞれにカルボキシ基をもつ二価のカルボン酸であった。化合物 C は炭素原子 4 個を有し, 不飽和結合を含んでいなかった。また, 化合物 D はベンゼン環に 2 個の異なる置換基をもち, その置換基
(b)
の位置は *p*- (パラ) であり, それぞれの置換基には 1 個の酸素原子を含んでいた。

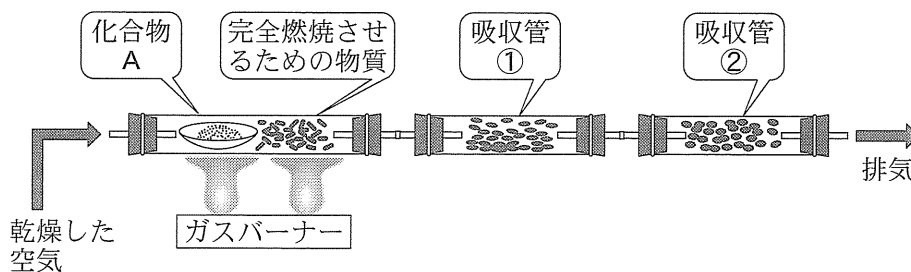
さらに, 化合物 D の分子式は $C_8H_{10}O_2$ であり, 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても呈色しなかった。一方, 化合物 B を加熱すると分子内で ア 反応が進行し, 化合物 E が得られた。化合物 B の イ 異性体である化合物 F は, 化合物 B に
(c)
比べ, 融点が高い。化合物 C および D にそれぞれヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加え加熱すると, 化合物 C からは特有のにおいのある ウ の エ
(d)
色沈殿が生じたが, 化合物 D は変化が起こらなかった。また, 化合物 C に濃硫酸
(e)
を加え加熱すると, 分子内で ア 反応が進行した。化合物 D をおだやかに酸化すると, 化合物 G が得られ, この化合物 G をフェーリング液とともに加熱すると, オ の カ 色沈殿が生じた。化合物 G をさらに酸化すると化合物 H が得られた。

問 1 化合物 A の分子式を求めなさい。なお, 計算過程も示しなさい。

問 2 化合物 B ~ H の構造式を書きなさい。

問 3 ア ~ カ にあてはまる適切な語句を記入しなさい。ただし、ウ と オ には物質名を記入しなさい。

問 4 下線部(a)の操作を下図のような実験装置を用いて行った。下の(1)および(2)に答えなさい。



(1) 吸収管①および吸収管②に充填されている物質名を次の化合物群から選び、記入しなさい。

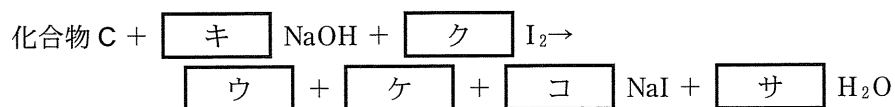
[酸化銀 ソーダ石灰 酸化亜鉛 塩化カルシウム チオ硫酸ナトリウム]

(2) 充填された吸収管①と吸収管②の順序を逆にしてはならない。その理由を 55 字以内で説明しなさい。

問 5 下線部(b)で示された、分子式が $C_8H_{10}O_2$ である一連の芳香族化合物のうち、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色するすべての化合物を構造式で書きなさい。

問 6 下線部(c)の融点が高くなる理由を 60 字以内で説明しなさい。

問 7 下線部(d)の化学反応式は次のように示される。下式の キ ,
ク , コ , サ には数字を, ケ にはあてはまる
化合物の示性式を書きなさい。ただし, 下式の ウ は問 3 の ウ
の化合物とする。



問 8 下線部(e)の反応で生成可能なすべてのアルケンを構造式で書きなさい。

Ⅳ [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類,
医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み, 問 1 ～ 問 6 に答えなさい。

病気の治療に用いる物質を医薬品といい, 古くから生薬が使われた。柳の樹皮には解熱・鎮痛作用があり, その有効成分はサリチル酸である。サリチル酸に無水酢酸^(a)を作用させると [ア] が合成され, アスピリンとして使われる。一方, サリチル酸にメタノールを作用させると [イ]^(b) が生成し, 消炎鎮痛剤として用いられる。

ドーマクは, アゾ染料の一種のプロントジル(図 1)に抗菌作用があることを発見したが, プロントジルの体内分解産物であるスルファニルアミド^(c)が有効成分で, この骨格を持つ抗菌剤を [ウ] 剤とよぶ。

フレミングは, 1928 年にアオカビから [エ] を発見した。[エ] は細菌の [オ] の合成を妨げ, [ウ] 剤の効かない感染症の治療に大きな成果をあげた。その後, 多くの抗生物質^(d)が発見されたが, 抗生物質は多用すると病原菌の突然変異により [カ] が出現するという問題がある。一般に, 抗生物質はウイルスには効果がない。しかし, ウイルスには化学合成などにより, [キ] ウイルスの増殖を阻害するオセルタミビル(タミフル)など, 抗ウイルス剤の開発も進んでいる。

[ク] 炭素原子をもつ化合物を通常の方法で合成すると, 鏡像異性体が等量ずつ含まれる混合物の [ケ] 体が得られる。鏡像異性体は, 物理的および化学的性質はほぼ同じであるが人体への生理作用は異なる場合がある。催眠・鎮静剤として使われたサリドマイド^(e)(図 2)には鏡像異性体が存在し, 有効成分の鏡像異性体は妊娠初期に摂取するとヒトの胎児に影響を与え, 薬害を引き起こした。これをきっかけに, 鏡像異性体の一方を選択的に合成する方法が研究されるようになり, これを [ク] 合成という。野依良治らは, BINAP を用いた触媒を開発し, これはメントール^(f)(図 3)の [ク] 合成に利用された。

ワトソンとクリックは、1953年にDNAの^(g)コ構造を発見し、その50年後にはヒトの全ゲノム配列が解読された。現在では、個人のDNA塩基配列の多様性に基づいて治療を行うオーダーメイド医療の時代となった。

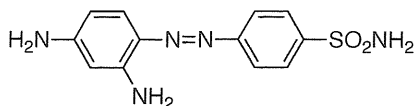


図1 プロントジル

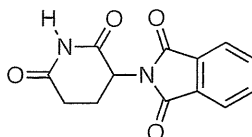


図2 サリドマイド

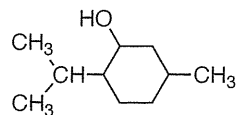


図3 メントール

問1 ア ~ コ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(a)と(b)について、構造式を用いた化学反応式で表しなさい。

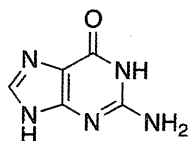
問3 下線部(c)のスルファニルアミドの構造式をプロントジルの構造式を参考にして記しなさい。

問4 下線部(d)の抗生物質とは何か、40字以内で説明しなさい。

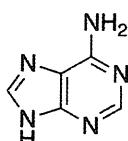
問5 下線部(e)と(f)について、解答欄に示したそれぞれの構造式中に含まれるク炭素原子をすべて○で囲みなさい。

問 6 下線部(8)について，DNA に含まれる 4 種類の塩基の構造式を下に示した。
ただし，(う)は RNA には含まれない塩基である。下の(1)と(2)に答えなさい。

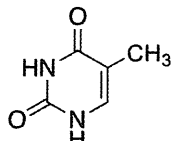
(あ)



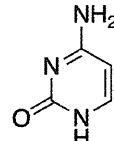
(い)



(う)



(え)



(1) DNA の 構造は，2 本のポリヌクレオチドの間で，塩基(あ)と塩基 が 3 本の 結合により，また残り 2 種類の塩基が 2 本の 結合により，それぞれ相補的な塩基対を形成し構造が安定化している。

に入る記号を上(あ)～(え)から選び，また に入る最適な語句を答えなさい。

(2) (あ)～(え)の塩基の名称を答えなさい。

V [数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類]

次の文章を読み, 問 1 ~ 問 7 に答えなさい。

ゴムの木の樹皮に傷をつけると流出する白い乳液を ア という。

ア に酢酸などを加えて凝固させ, 乾燥させると天然ゴムが得られる。天然ゴムはイソプレンが規則的に イ したポリイソプレン構造を有しており, ^(a)弾性がある^(b)。また, ある種の植物の乳液から得られるポリイソプレンは, トランス形の構造をしており, ウ と呼ばれる。天然ゴムに硫黄を数%加えて加熱すると, 弾性, 強度, 耐久性が向上した弾性ゴムが得られる。このような操作を

エ

という。天然ゴムに硫黄を 30~40 % 加えて長時間加熱すると,

オ

と呼ばれる黒色の硬いプラスチック状の物質が得られる。

天然ゴムに似たゴム弾性をもつ合成高分子化合物を合成ゴムという。合成ゴムはブタジエンやクロロプレンなどを イ することによって得られる。合成ゴムの分子にはシス形とトランス形の構造が混在する。シス形構造の合成ゴムは天然ゴムに近い弾性をもっているが, トランス形構造の合成ゴムは弾性にとぼしい。また, タイヤや機械部品などに利用される代表的な合成ゴムとして, スチレン-ブタジエンゴム, アクリロニトリル-ブタジエンゴムがある。これらのゴムは非常に弾性に富むが, 空气中に放置しておくと次第に弾性を失い, 劣化する。

問 1 文中の ア ~ オ にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部(a)について, 天然ゴムの構造式をシス形あるいはトランス形がわかるように記しなさい。

問 3 下線部(b)のように, 天然ゴムが弾性をもつ理由を 65 字以内で説明しなさい。

問 4 下線部(c)の性質は、天然ゴムのどのような構造変化に基づくためなのか、50 字以内で説明しなさい。

問 5 下線部(d)および(e)の構造式を記しなさい。

問 6 下線部(e)について、アクリロニトリル―ブタジエンゴムの構成単位の数之比がアクリロニトリル：ブタジエン＝1：3 の場合、平均分子量 206400 のアクリロニトリル―ブタジエンゴムの平均重合度を求めなさい。ただし、アクリロニトリル―ブタジエンゴムの繰り返し単位の式量を 215 とする。

問 7 下線部(f)について、ゴムが劣化する理由を 35 字以内で説明しなさい。

Ⅵ [数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類]

次の文章を読み、問 1 ～ 問 7 に答えなさい。必要であれば、表 1 ～ 表 3 の値を用いなさい。これらの値はすべて常温常圧 (25 °C, 1.013×10^5 Pa) の値である。

すべての物質は固有のエネルギーをもっており、それを ア エネルギーという。化学反応が起こり、反応物が生成物に変化すると、反応物がもっている ア エネルギーと生成物がもっている ア エネルギーとの差が反応熱として現れる。化学反応式の右辺に反応熱を書き、化学反応式の両辺を等号で結んだ式を熱化学方程式^(a)という。反応熱が正の符号で表される場合には、イ 反応^(a)であり、負の符号で表される場合には ウ 反応である。反応熱は物質の状態によって異なるので、物質の状態を明らかにするために気体は(気)、液体は(液)、固体は(固)、水溶液はaqを化学式の後に書く。黒鉛とダイヤモンドのよう^(b)に エ が存在する物質は、それらを区別する。化合物 1 mol が成分元素の単体から生成するときの反応熱を生成熱という。また、1 mol の物質が完全燃焼するときの反応熱を燃焼熱、1 mol の物質が大量の溶媒に溶解するときの反応熱を溶解熱、酸と塩基が中和して、水 1 mol が生成するとき^(c)に生じる熱量を中和熱^(c)という。これらの反応熱は反応の経路によらず、反応の初めの状態と終わりの状態で決まる。この法則は オ の法則とよばれ、直接測定が困難な反応熱の決定に用いられる。

表 1 生成熱 (kJ/mol)

物質 (状態)	生成熱
H ₂ O (気)	242
H ₂ O (液)	286
NH ₃ (気)	46.0
CO (気)	111
CO ₂ (気)	394
オクタン (液)	250

表 2 燃焼熱 (kJ/mol)

物質 (状態)	燃焼熱
C (黒鉛)	394
CO (気)	283
CH ₄ (気)	891

表 3 結合エネルギー (kJ/mol)

結合	結合エネルギー
H-H	436
N≡N	946

問 1 文中の ア ～ オ にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

問 2 表 1 では、 H_2O (液) と H_2O (気) の生成熱が異なる。その理由を 15 字以内で説明しなさい。

問 3 下線部(a)について、アンモニアの生成熱を表す熱化学方程式を示しなさい。

問 4 下線部(b)について、炭素の エ の例を、黒鉛とダイヤモンド以外に 1 つ答えなさい。

問 5 下線部(c)について、次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) 1 mol の塩酸に固体の水酸化ナトリウムを 1 mol 加えたときの反応熱を Q_1 として、熱化学方程式を示しなさい。

(2) (1)の反応熱 Q_1 を、計算過程を示し、有効数字 3 桁で求めなさい。
ただし、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液との中和反応における中和熱は 56.5 kJ/mol であり、固体の水酸化ナトリウムの溶解熱は 44.5 kJ/mol とする。

問 6 オクタンについて、次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) 液体の 1 mol のオクタンが生成する反応を表す熱化学方程式を示しなさい。

(2) 液体の 1 mol のオクタンの燃焼熱を、計算過程を示し、有効数字 3 桁で求めなさい。

問 7 気体のアンモニア分子中における N-H の結合エネルギーを、計算過程を示し、有効数字 3 桁で求めなさい。

