

試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

令和 5 (2023) 年度 入学者選抜 一般選抜 「後期日程」

個別学力検査 問題

理 科

(物理, 化学)

注 意 事 項

1. 物理の問題は問題 1 から問題 4 まで、化学の問題は問題 1 から問題 4 までの、計 19 ページです。
2. 物理の解答用紙は **5**，化学の解答用紙は **6** の、計 2 枚です。
3. 物理か化学のどちらかを選択して、解答しなさい。
4. 解答用紙の受験番号欄に受験番号を、氏名欄に氏名を記入しなさい。
5. 解答は全て解答用紙の指定された枠内に記入しなさい。
枠外や裏面に記入してはいけません。

物 理

問題 1

以下の問題文を読んで、 ~ の中に適切な式を書きなさい。ただし、ばねの重さと物体にはたらく空気抵抗は無視できるものとし、床面は水平でなめらかであるとする。

〔I〕 図1-1のように、ばね定数 k [N/m] のばねの一端を壁に固定し、他端に質量 m [kg] の物体 A をつけて、ばねが自然長となるように床面に置く。そこへ、質量 m [kg] の物体 B が速さ v_0 [m/s] で左向きに進み、物体 A に衝突して一体となり、ばねを押し縮めた。物体 A と B が衝突した直後の速さ v_1 [m/s] は、 v_0 を用いると [m/s] となる。また、衝突前の物体 A と B の力学的エネルギーの和は、 m, v_0 を用いると [J] であり、衝突直後の物体 A と B の力学的エネルギーの和は、 m, v_0 を用いると [J] であることから、衝突によって失われる力学的エネルギーは、 m, v_0 を用いると [J] となる。

〔II〕 図1-2のように、この衝突により物体 A と B は一体となって運動し、ばねは最大 x_1 [m] の長さだけ縮んだ。このときの弾性力による位置エネルギーは、 k, x_1 を用いると [J] となる。したがって、ばねの最大の縮み x_1 [m] は、 m, v_0, k を用いると [m] となる。

〔Ⅲ〕ばねが伸び始めてから自然長になったとき、物体AとBは離れた。この前後で力学的エネルギーが保存するとしたとき、離れた直後の物体Bの速さ v_2 [m/s] は、 m 、 k 、 x_1 を用いると [m/s] となる。このとき、物体Aの速さも [m/s] となる。その後、図1-3のように、ばねは最大 x_2 [m] まで伸びた。このときのばねの最大の伸び x_2 [m] は、 x_1 を用いると [m] となる。また、このときの物体Aの加速度は、 m 、 k 、 x_2 を用いると [m/s²] となる(ただし、右向きを正とする)。その後、物体Aは単振動を続け、その周期は、円周率 π 、 m 、 k を用いると [s] となる。

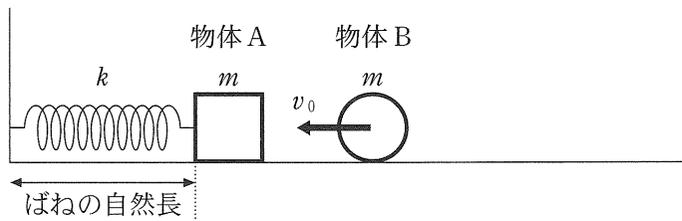


図1-1

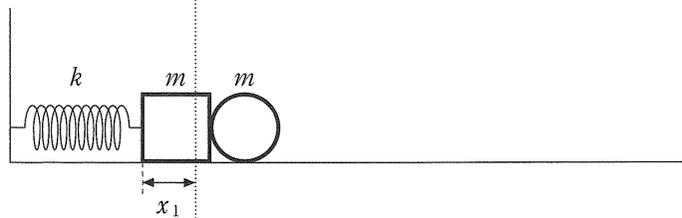


図1-2

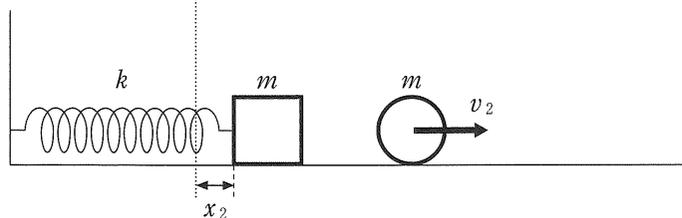


図1-3

問題 2

以下の問題文を読んで、 ~ に適切な式を、 に適切な数値を書きなさい。ただし、根号はそのままでもよい。 と については、それぞれの選択肢(ア)~(エ)から選び、記号で書きなさい。ここで、重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。また、小球は質点とみなし、物体にはたらく空気抵抗は無視できるものとする。

図2に示すように、長さ l [m] の細くて軽い糸の上端を、水平な床から高さ h [m] にある天井に固定し、下端につるした質量 m [kg] の小球を、水平面内で等速円運動させた。糸と鉛直方向のなす角度は θ [rad] であった。以下の問いに答えなさい。

- (1) 糸に働く張力 S [N] を g , m , θ を用いて表すと、 $S =$ [N] である。
- (2) 小球にはたらく円運動の中心に向かう力(向心力) F [N] を小球の円運動の角速度 ω [rad/s], l , m , θ を用いて表すと、 $F =$ [N] である。
- (3) 小球とともに運動している観測者の立場では、向心力とつりあう見かけの力がはたらいて、小球が静止して見える。この見かけの力は遠心力と呼ばれ、 の一種である。

の選択肢

- (ア) 保持力 (イ) 万有引力 (ウ) 抗力 (エ) 慣性力

- (4) ω を g , l , θ を用いて表すと、 $\omega =$ [rad/s] である。
- (5) 等速円運動の周期 T [s] を円周率 π , g , l , θ を用いて表すと、 $T =$ [s] である。

次に、小球の円運動の角速度をゆっくりと増加させていったところ、 θ が $\frac{\pi}{3}$ rad (= 60°) に達したときに、糸に働く張力が限界値を超えて糸が切れた。

(6) 糸が切れた瞬間の小球の運動の方向は である。

の選択肢

(ア) 遠心力の方向

(イ) 円運動の接線方向

(ウ) 鉛直方向

(エ) 張力の働く方向

(7) 糸が切れた瞬間の小球の速さ v_1 [m/s] を g , l を用いて表すと、

$v_1 =$ [m/s] である。

(8) 糸が切れた瞬間から小球が床に落下するまでにかかる時間 t [s] を g , l , h を用いて表すと、 $t =$ [s] である。

(9) 小球が床に落下する直前の速さの鉛直成分 v_2 [m/s] を g , l , h を用いて表すと、 $v_2 =$ [m/s] である。

続いて、糸をはじめのものから 2 倍の張力に耐えられるものに交換し、小球の円運動の角速度をゆっくり増加させていったところ糸が切れた。

(10) 糸が切れた瞬間の小球の速さ v_3 [m/s] は v_1 の 倍である。

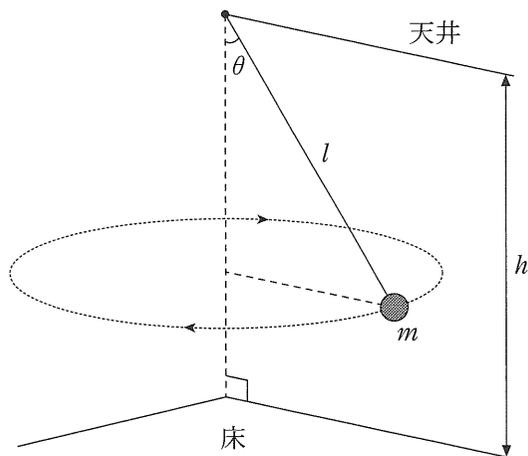


図 2

問題 3

以下の問題文を読んで、 ~ に選択肢(ア)~(キ)の中から適切なものを選んで書きなさい。 ~ には適切な式や数値を書きなさい。ただし、根号はそのままでもよい。 には適切な図形を解答用紙に記入しなさい。

[I] 図3-1のように、真空中に電場(電界)または磁場(磁界)のいずれかが存在している。この電場もしくは磁場は一様で、 z 軸の正の向きに平行かつ強さは位置によらないことが分かっている。向きと強さが時間変化することもない。この条件のもとで、電場か磁場かを判定する方法として適切なものは , , である。

選択肢

- (ア) 空間内に正の電荷を静止させる。この電荷に x 軸の負の向きに力が働けば、この空間には電場が存在している。
- (イ) z 軸上の離れた2点に電位差が存在していれば、この空間には電場が存在している。
- (ウ) 空間内に負の電荷を静止させる。この電荷に z 軸の負の向きに力が働けば、この空間には電場が存在している。
- (エ) 空間内に直線状の導線を x 軸に平行に静止させ、 x 軸の正の向きに向かって電流を流す。この導線に y 軸の正の向きに力が働けば、この空間には磁場が存在している。
- (オ) 円形の導線リング(円環状のコイル)を x - y 面に平行に配置し、 x 軸の正の向きに一定速度で動かす。このコイルに誘導電流が生じれば、この空間には磁場が存在している。
- (カ) 空間内に直線状の導線を y 軸に平行に静止させ、 y 軸の負の向きに向かって電流を流す。この導線に x 軸の負の向きに力が働けば、この空間には磁場が存在している。

(キ) 円形の導線リング(円環状のコイル)を x - y 面に平行に配置し, z 軸の正の向きに一定速度で動かす。このコイルに誘導電流が生じれば, この空間には磁場が存在している。

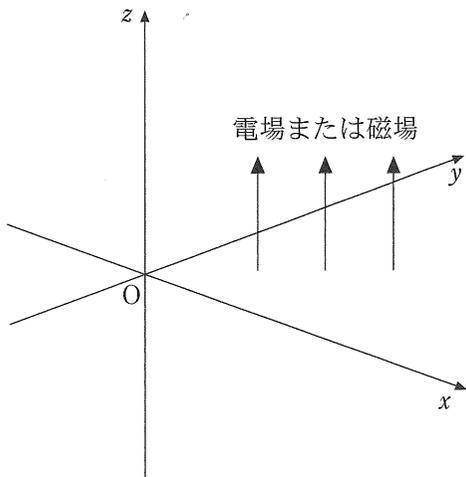


図 3-1

〔Ⅱ〕 図3-2のように、平面内に x, y 軸を定める。 x 軸上の点 $(a, 0)$ に 1C の点電荷 Q_A を置く。このときの原点 O における電場の強さを $E_0[\text{N/C}]$ とすると、クーロンの法則の比例定数は E_0 と a を用いて $\boxed{1}$ $[\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2]$ と表せる。また、原点 O における電位は E_0 と a を用いて $\boxed{2}$ $[\text{V}]$ と表せる。ただし、電位は無限遠を基準 (0V) とし、座標の単位は $[\text{m}]$ とする。

次に、点電荷 Q_0 を原点 O に置き、外力を加えながら、ある経路上をゆっくりと移動させた。原点 O からこの経路上のいずれの点まで移動させても、この外力のする仕事と、 Q_0 にはたらく静電気力のする仕事はともに 0J であった。この経路を $-a \leq x \leq 2a, -1.5a \leq y \leq 1.5a$ の範囲内ですべて図に示すと \boxed{a} となる。

図3-3のように、 x 軸上の点 $(a, 0)$ に 1C の点電荷 Q_A を、点 $(2a, 0)$ に -3C の点電荷 Q_B を置く。このときの原点 O における電場の強さは、 E_0 を用いて $\boxed{3}$ $[\text{N/C}]$ 、電位は E_0 と a を用いて $\boxed{4}$ $[\text{V}]$ と表せる。この状態から、原点 O における電場の向きを変えずに強さを2倍にするためには、 Q_B の位置はそのまま電気量を $\boxed{5}$ 倍にするか、 Q_B の電気量はそのまま位置を x 軸上の座標 $\boxed{6}$ $[\text{m}]$ に移動させればよい。

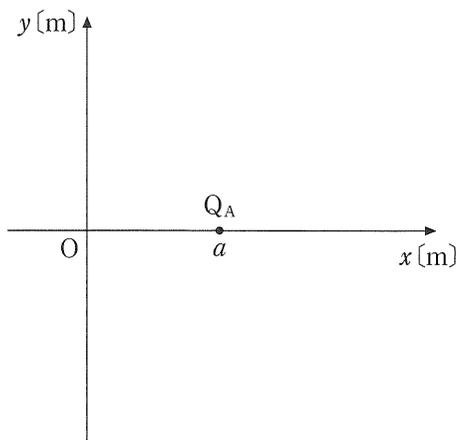


図3-2

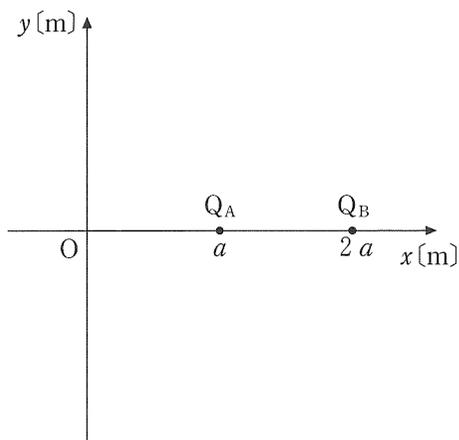


図3-3

次ページに続く

問題 4

以下の問題文を読んで、 ~ の中に適切な式や数値(分数を含む)を書きなさい。また、 ~ は選択肢の中から適切なものを選んで記号を書き、 は解答欄に図示しなさい。

ある熱機関のサイクルを考える。なめらかに動くピストンを備えたシリンダー内に n [mol] の単原子分子の理想気体が入っており、この熱機関を図4に示すサイクル ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$) で状態を変化させた。ここで、気体定数は R [J/(mol·K)] とし、状態 A の気体の温度は T_A [K] とする。

物質量が一定であれば、状態 A の気体(圧力 p_A [Pa], 体積 V_A [m³], 温度 T_A [K]) から状態 B , C および D の気体の温度を求めることができる。たとえば、状態 C の温度を T_C [K] とし、 T_A を用いて表すと、 $T_C =$ [K] である。このサイクルにおける各状態の体積と温度を黒丸で示し、その間の変化の過程を矢印によって図示すると、 のようになる。

ここで、気体が外部にする仕事を W [J] とする。4つの過程のうち、定積変化は と の2つであり、いずれも $W =$ [J] である。また、 W が負になる過程は であり、その仕事を n , R , T_A を用いて表すと、 $W =$ [J] である。

次に、状態 B から C への過程について考える。内部エネルギーの変化 ΔU_{BC} [J] を n , R , T_A を用いて表すと、 $\Delta U_{BC} =$ [J] である。一方、熱力学第一法則より、気体が吸収した熱量 Q_{BC} [J] を n , R , T_A を用いて表すと、 $Q_{BC} =$ [J] である。

1 サイクルで気体が吸収した熱量の総和を Q_{in} [J] とし、 n , R , T_A を用いて表すと $Q_{in} =$ [J] である。また、1 サイクルで気体が外部にする仕事を W_{cycle} [J] とし、 n , R , T_A を用いて表すと、 $W_{cycle} =$ [J] である。したがって、サイクルの熱効率 e は、 $e =$ となる。

~ の選択肢 : (ア) $A \rightarrow B$ (イ) $B \rightarrow C$ (ウ) $C \rightarrow D$ (エ) $D \rightarrow A$

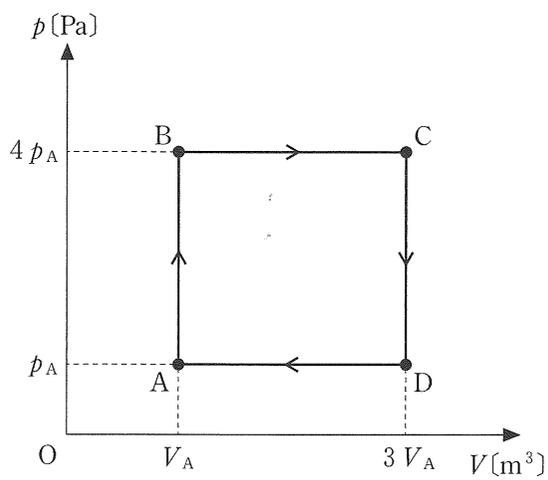


图 4

化 学

問題 1 次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

Cl_2 のような同種の原子からなる二原子分子は結合の (a) が無く (b) という。また、多原子分子のメタン CH_4 の炭素原子は部分的に (c) の電荷、水素原子は部分的に (d) の電荷を帯びる。このように異種の原子からなるメタン分子は、共有電子対が (e) の大きい原子に引き寄せられ、電荷に (f) が生じて部分的に結合の (a) が生じる。しかし、メタン分子全体では、結合の (a) が打ち消され (b) となる。一方、アンモニア分子 NH_3 の窒素原子は部分的に (c) の電荷、水素原子は部分的に (d) の電荷を帯び、分子全体では (a) が打ち消されず (g) となる。

ハロゲン分子の沸点は $\text{I}_2 > \text{Br}_2 > \text{Cl}_2 > \text{F}_2$ となり分子量の順に高くなる。一方、アンモニアとメタンは同程度の分子量であるが、沸点は (h) の方が高くなる。これは、分子どうしが近づくとはたらく (i) のためである。

この (i) には、(j) と (k) がある。(j) は (e) の大きな原子(窒素、酸素、フッ素)が水素原子と結合して分子をつくることで生じる結合である。また、ハロゲン分子の沸点が上記の順になるのは、分子量の増加につれて (k) が増大するためである。

問 1 次の文章の空欄(a)~(k)に入る適切な語句を記入して、文章を完成させなさい。

問 2 上の文章のように、メタン分子とアンモニア分子はいずれも部分的に結合の (a) が生じるが、メタン分子では (a) が打ち消され、アンモニア分子では打ち消されない。このような違いが起こる理由を説明しなさい。

次ページに続く

問題 2 次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

硫酸は、肥料や薬品の製造、鉛蓄電池など、化学工業で広く用いられており、工業的には次のように製造される。

(1) 酸化バナジウム(V)を触媒にして、二酸化硫黄を空気中の酸素と反応させると三酸化硫黄が生成する。

(2) 三酸化硫黄を濃硫酸に吸収させると、その中の水と反応して硫酸が生成する。

硫酸は水と強い親和性を示し、純粋な硫酸だけで保存することは難しい。質量パーセント濃度約 90 % 以上のものを濃硫酸とよび、市販品は通常、96.0 %、密度 1.84 g/cm^3 である。

硫酸は水への溶解熱が 95.3 kJ/mol と大きいため、希硫酸をつくる時には注意^(a)が必要である。

問 1 (1)で起きている化学反応式を書きなさい。

問 2 (2)で起きている化学反応式を書きなさい。

問 3 質量パーセント濃度 96.0 % の濃硫酸のモル濃度を求め、有効数字 3 桁で書きなさい。なお、硫酸の分子量は 98.1 である。

問 4 下線部(a)に示された注意とは、具体的にはどのようなことが考えられるか書きなさい。

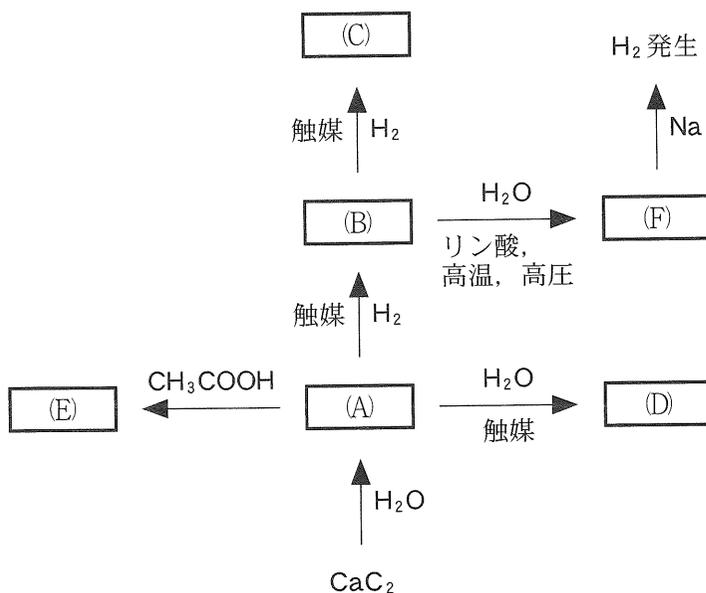
問 5 質量パーセント濃度 96.0 % の濃硫酸と水を混合して 0.100 mol/L の希硫酸 500 mL を調製したい。必要な濃硫酸の体積を求め、有効数字 3 桁で書きなさい。

次ページに続く

問題 3 次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

下の図は、(1)~(4)の反応で合成した有機化合物 (A) ~ (F) の関係を示す。

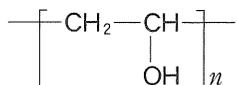
- (1) 炭化カルシウムと水から可燃性の無色無臭の気体 (A) を合成した。この有機化合物の分子式は一般式 C_nH_{2n-2} ($n \geq 2$) で表される。
- (2) (A) に触媒を用いると段階的に水素が付加して (B) を経て (C) が生成した。
- (3) (A) に触媒を用いて水を付加させると不安定な化合物を経由して、安定な (D) が生成した。また、(A) に酢酸を付加させると (E) が生成した。
- (4) (B) にリン酸を触媒に用いて水を付加させると (F) が生成し、この (F) に Na を加えると H_2 ガスが発生した。



問 1 図中の(A)~(F)に入る有機化合物の構造式を書きなさい。

問 2 (B)のような一般式が C_nH_{2n} ($n \geq 2$) で表される鎖式不飽和炭化水素は何と呼ばれるか書きなさい。

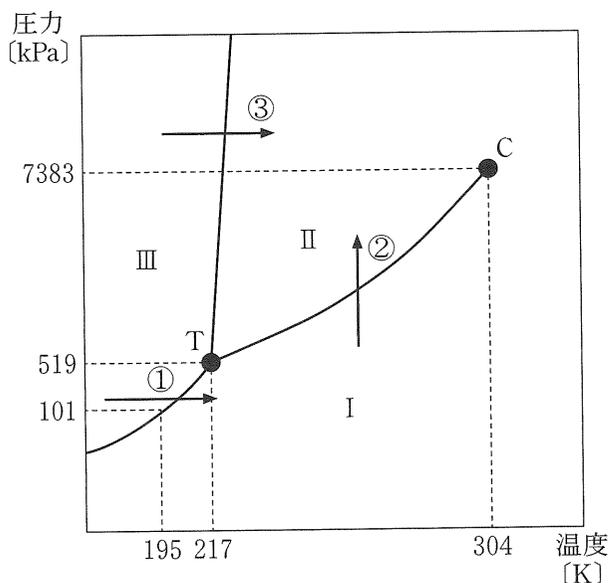
問 3 (B)~(F)の中のひとつを原料として記号で選び、下の構造の合成高分子を合成する方法を書きなさい。



問 4 水に溶解した Br_2 との反応から(B)と(C)を区別した。この時に起こった化学反応式を書きなさい。また、 Br_2 を使うとどのように区別できるか説明しなさい。

問題 4 次の各問いに答えなさい。

問 1 純物質の状態は温度と圧力で決まり、物質がさまざまな温度と圧力のものでどのような状態をとるかを示した図を状態図と呼ぶ。下記に示した二酸化炭素の状態図について、以下の問いに答えなさい。



- (1) 状態変化①, ②, ③を何と呼ぶか答えなさい。
- (2) 点 T は何と呼ばれるか, またどのような状態か答えなさい。
- (3) 101 kPa で 180 K に冷却された二酸化炭素がある。圧力を一定にして, この二酸化炭素に単位時間あたり一定の熱を t 時間加えて 230 K とした。この過程で, 二酸化炭素の温度は加熱時間とともにどのように変化するか, 概略を示しなさい。なお, 解答用紙のグラフ中の●は最初と最後の状態を示している。
- (4) ③の操作を行なったとき, 二酸化炭素の体積は温度とともにどのように変化するか, 概略を示しなさい。なお, 解答用紙のグラフ中の●は最初と最後の状態を示している。

問 2 4種類の金属 A, B, C, D はアルミニウム, 銅, 亜鉛, 銀のいずれかである。金属 A, B, C, D について実験 1 から実験 4 を行った。これらの実験結果から A, B, C, D に該当する金属を明らかにして, 以下の問いに答えなさい。

実験 1 : 金属 A, B, C, D の金属片をそれぞれ塩酸に入れたところ, A と C の金属片は気体を発生しながら溶解した。B と D では気体の発生はみられず, 溶解しなかった。

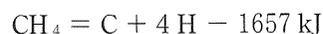
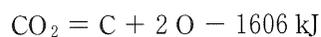
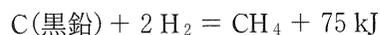
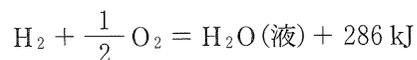
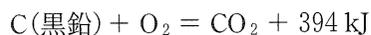
実験 2 : 同じ物質量の A と C の金属片を塩酸と反応させ, 金属片が全て溶解するまでに発生した気体の体積を同じ温度・圧力の条件で比較したところ, C の金属片から発生した気体の体積は A の金属片から発生した気体の体積の 1.5 倍であった。

実験 3 : B と D の金属片をそれぞれ濃硝酸に入れたところ, いずれの金属も二酸化窒素を発生して溶解した。

実験 4 : 実験 3 で得られた溶液を蒸発させ, 残った固体をそれぞれ蒸留水に溶解した。B の金属片から得られた溶液に D の金属片を入れたところ, 金属片の表面が変色した。しかし, D の金属片から得られた溶液に B の金属片を入れても変化はみられなかった。

- (1) 実験 1 および 2 で観察された金属片 A, C と塩酸の反応をそれぞれ化学反応式で示しなさい。
- (2) 実験 4 で観察された D の金属表面で起こった酸化反応および還元反応を, 電子を含むイオン反応式で示しなさい。

問 3 CO_2 , H_2O , CH_4 が生成するときの熱化学方程式と、これらの分子の結合が切断されるとき熱化学方程式を以下に示す。水の蒸発熱が 44 kJ/mol であることを利用して、以下の問いに答えなさい。なお、(液)と(気)はそれぞれ液体と気体を示している。



- (1) メタンの燃焼熱 (kJ/mol) を求めなさい。なお、生成する水は液体とする。
- (2) 酸素分子の結合エネルギー (kJ/mol) を求めなさい。
- (3) 水素分子の結合エネルギー (kJ/mol) を求めなさい。