

令和4年度学力検査問題

工学部・後期日程

化 学

| ページ | 解答用紙枚数 |
|--------|--------|
| 1 ~ 10 | 3 枚 |

解答時間 120 分

注 意 事 項

1. 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。
2. 本冊子のページ数は上記のとおりである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は申し出ること。
3. 解答はすべて別紙解答用紙のそれぞれの指定の解答欄に記入すること。
4. 解答用紙3枚の指定された欄(計6箇所)に、忘れずに本学の受験番号を記入すること。
5. この問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

〔注意〕 必要があれば、次の値を使うこと。

原子量： H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1

1 次の文章を読み、問 1 ～ 問 3 に答えよ。

分子間力が働かず、分子自身に (ア) がない気体を理想気体という。実在気体では分子が互いに相互作用している。分子間の反発力は気体の (イ) を助け、引力は気体の (ウ) を助ける。反発力は、分子がほぼ接触するときだけ働く相互作用である。他方、引力は、分子の大きさの数倍の比較的長距離で働き、分子が遠くに離れると働かなくなる。このように、実在気体の状態は分子間の距離に強く依存する。たとえば、気体定数を R とし、一定温度 T のもとで圧力 P を変えて 1 モルあたりの体積 V_m を測定し、式(1)で定義される Z の値の変化を調べるとその状況がよくわかる。

$$Z = \frac{PV_m}{RT} \quad (1)$$

図 1 に実在気体 A, B, C の 250 K で測定した Z の圧力依存性のデータを示す。A, B, C はヘリウム、メタン、二酸化炭素のいずれかである。図中、D と E は、^(a) 250 K 以外の温度で測定したときの気体 C のデータである。理想気体では、温度や圧力に関わらず Z の値は (エ) となる。しかし、実在気体では、高圧の領域では $Z >$ (エ) となることから、(ウ) しにくくなる。中間の圧力領域では $Z <$ (エ) となる傾向があるため、(ウ) しやすくなる。

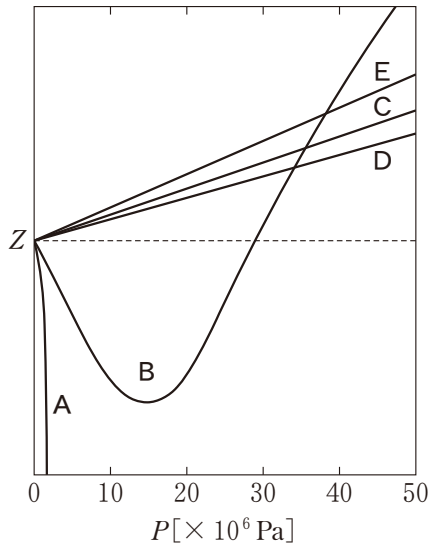


図 1 実在気体の Z の圧力依存性(縦軸の値は問題との関連で省略している)

温度と圧力が決まると、物質の状態が決まる。温度と圧力に応じて、物質がどのような状態となるかを示したものが状態図である。状態図中には (オ) と

(カ) と呼ばれる 2 つの特別な点が存在する。これら 2 点が決める温度範囲では、一定温度のもとで気体の体積を減少させると (キ) がはじまり、気体の状態から (ク) の状態へと状態変化する。
(b)

問 1 文章中の (ア) ~ (ク) にあてはまる最も適切な語句、数値を答えよ。ただし、(イ) と (ウ) には「膨張」と「収縮」のいずれかを選んで答えよ。

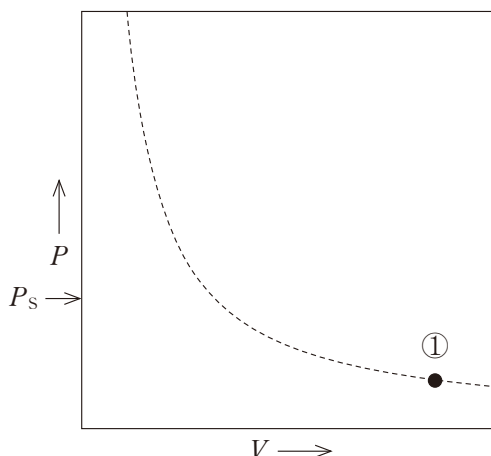
問 2 下線部(a)に関連して、図 1 の D および E のデータは、200 K と 300 K のいずれかの温度で測定した気体 C のデータである。

- (1) 気体 C は何か、答えよ。
- (2) 300 K で測定したときの気体 C のデータは D と E のいずれであるか記号で答え、その答えを選んだ理由を 45 字以内で簡潔に説明せよ。

問 3 下線部(b)に関連して、気体 A を 250 K で加圧していくと、ある圧力 P_s に達したところで状態変化が始まることがわかった。

- (1) 気体 A は何か、答えよ。
- (2) 状態変化が始まる圧力 P_s は何と呼ばれているか、答えよ。

(3) 250 K で温度を一定とし、右図の点①の状態である気体 A の体積 V を減少させていくことを考える。このときの圧力 P の変化の概要を、解答欄にある右図と同じ図の中に書いて示せ。ただし A の気体状態は 250 K で理想気体と近似できるものと仮定せよ。図中の点線は理想気体の圧力変化を示している。また、圧力 P_s は図中に示してある。



2 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

一般に、化学反応には熱の出入りが伴い、その熱エネルギーの量は
ア(語句) がもつエネルギーと イ(語句) がもつエネルギーの ウ(語句)
に相当する。化学反応に伴うエネルギー変化は、熱以外に エ(語句) や
オ(語句) として現れる場合もある。例えば、電池は化学反応によって
カ(語句) エネルギーを キ(語句) エネルギーに変換しており、また、黄リ
ンは空気中で徐々に酸化され オ(語句) を放出する。

化学反応式の左辺と右辺を等号で結び、 キ(語句) に反応熱を書き加えた式
(a) を熱化学方程式という。反応熱は、着目する物質 1 mol 当たりの熱量として表
す。また、反応熱の符号は、発熱反応の場合に ク(記号) とし、吸熱反応の場
合に ケ(記号) とする。物質の状態変化にも、熱の吸収や放出が伴うため、熱
(b) 化学方程式で表すことができる。

化学反応において、複数の反応経路が考えられる場合があるが、各反応経路に
対する反応熱の和はお互いに等しくなる。一般に、反応熱と反応経路について、
反応熱の総和は反応の前後の状態だけで決まり、反応経路に依存しないという、
(c) コ(人名) の法則が成り立つ。

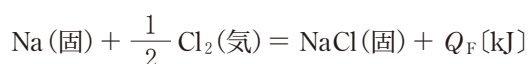
問1 内の指示に従って、文章中の ア ~ コ に入る適
切な語句または記号または人名を答えよ。ただし、 キ は「左辺」と
「右辺」のいずれかを選んで答えよ。

問2 下線部(a)について、中和反応の熱化学方程式における中和熱の大きさを
57 kJ として、水溶液中で酸が放出した H^+ と塩基が放出した OH^- の中和反
応を熱化学方程式で答えよ。

問 3 下線部(b)について、水の状態変化も熱化学方程式で表すことができる。水の熱化学方程式において、融解熱(0℃)の大きさは6.0 kJであり、蒸発熱(100℃)の大きさは41 kJである。また、水(液体)の比熱は4.2 J/(g・K)とし、水(気体)の比熱は2.1 J/(g・K)とする。

- (1) 氷が融点で融解する状態変化を熱化学方程式で答えよ。
- (2) 水が沸点で沸騰する状態変化を熱化学方程式で答えよ。
- (3) 0℃の氷36 gを150℃の水蒸気にするのに必要な熱量[kJ]を整数で答えよ。

問 4 下線部(c)について、この法則を用いることにより、NaCl結晶の格子エネルギーを求めることができる。格子エネルギーは、結晶を構成する粒子を気体状態にするのに必要なエネルギーである。なお、熱化学方程式の反応熱[kJ]の大きさは、NaCl(固)の生成熱を Q_F 、Na(固)の昇華熱を Q_S 、Cl₂(気)の結合エネルギーを Q_B 、Na(気)のイオン化エネルギーを Q_I 、Cl(気)の電子親和力を Q_A 、NaCl結晶の格子エネルギーを Q とする。また、NaCl(固)の生成熱 Q_F を表す熱化学方程式は、次式で与えられる。



- (1) Na(固)の昇華熱 Q_S を表す熱化学方程式を答えよ。
- (2) Cl₂(気)の結合エネルギー Q_B を表す熱化学方程式を答えよ。
- (3) 電子を e^- として、Na(気)のイオン化エネルギー Q_I を表す熱化学方程式を答えよ。
- (4) 電子を e^- として、Cl(気)の電子親和力 Q_A を表す熱化学方程式を答えよ。
- (5) NaCl結晶の格子エネルギー Q を表す熱化学方程式を答えよ。
- (6) NaCl結晶の格子エネルギー Q を Q_F 、 Q_S 、 Q_B 、 Q_I 、 Q_A で表す式を答えよ。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

ア(元素記号) は **イ(数値)** 族の元素で原子番号は **ウ(数値)** である。宇宙に最も多く存在しているが、その単体 **エ(化学式)** は標準状態で気体であり、地球上に天然には存在しない。**エ(化学式)** は無色、無臭で、すべての気体の中で最も密度が小さく、沸点は -253°C である。

エ(化学式) を実験室において得る方法として、金属に酸や塩基を加える方法^(a)がある。工業的には、炭化水素と水蒸気を触媒上で反応させて製造される。この反応では^(b) **エ(化学式)** のほかに **オ(化学式)** が生成する。**オ(化学式)** を別の触媒を用いてさらに水蒸気と反応させ、^(c) **エ(化学式)** の収率を向上させる。この時、**エ(化学式)** と同時に **カ(化学式)** が発生する。**カ(化学式)** は地球温暖化の原因物質の一つと考えられ、その発生の削減が求められている。

エ(化学式) は、工業的には主に **キ(化学式)** の製造に利用される。^(d) **キ(化学式)** は肥料の原料となる。**エ(化学式)** は自動車燃料をクリーン化する石油精製にも利用される。**エ(化学式)** と **オ(化学式)** の混合ガスは **ク(語句)** と呼ばれ、触媒を用いてメタノールの合成に利用されるほか、液体燃料の製造にも利用できる。

問1 文章中の **ア** ～ **ク** を、 内の指示に従って記せ。

問2 下線部(a)において、酸と塩基のいずれとも反応して **エ** を発生し、その酸化物は白色顔料として利用される金属は何か、元素記号で答えよ。また、その金属が、酸として硫酸、塩基として水酸化ナトリウム水溶液を用いて反応した場合の化学反応式をそれぞれ示せ。

問 3 下線部(b)において，炭化水素としてメタンを用い，生成物として と だけが生成するとした場合の化学反応式を示せ。さらに，この化学反応式を熱化学方程式で示せ。また，この反応が吸熱反応か発熱反応かを答えよ。ただし，気体の水，メタンおよび の生成熱はそれぞれ 242，75 および 111 kJ/mol とする。

問 4 下線部(c)で示される反応の化学反応式を示せ。

問 5 下線部(d)で示される工業プロセスは何と呼ばれるか，答えよ。また，この反応の化学反応式を示せ。さらに，触媒として用いられる物質中で主に使用される金属は何か，元素記号で示せ。

4 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

芳香族炭化水素であるベンゼンは、様々な反応を起こすことが知られている。

ベンゼンに塩素を作用させる際に触媒として鉄粉を加えることで が生じる。また、ベンゼンに混酸を加えて加熱することで、ニトロベンゼンが生じる。ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱した場合は、^(a)ベンゼンスルホン酸が生じる。これらの反応はいずれも 反応である。^(b)

一方で、ベンゼンは触媒存在下、加圧条件下で水素と完全に反応させると が生じる。この反応は 反応である。

さらに、ベンゼンからベンゼンスルホン酸や を合成した後に、ナトリウムフェノキシドを経ることで を合成することもできる。 の工業的合成法として、クメン法^(c)が知られている。

ニトロベンゼンに、スズと濃塩酸を加えて加熱し、塩基を加えることで が得られる。 は特有のにおいのある無色の液体で有毒であるが、ジアゾ化やその後のカップリングに利用することのできる有用な化合物である。

問1 ～ に当てはまる語句を答えよ。

問2 下線部(a)に関連して、トルエンを混酸中高温でニトロ化した場合、得られる生成物の構造式を記せ。ただし、生成物は、融点 81 °C、爆薬の原料として用いられている。

問3 下線部(b)の構造式を記せ。

問4 下線部(c)のクメン法では、ベンゼンとプロペンからクメンとした後、酸素によってクメンヒドロペルオキシドへと酸化し、硫酸で分解して を得ている。クメンヒドロペルオキシドの構造式を記せ。

問 5 ベンゼン環に置換基が一つ結合している場合，その置換基によって置換反応の配向性が変わることが知られている。次の置換基の中でメタ配向性を示す置換基を3つ選べ。

-OH -Cl -COOH -NHCOCH₃ -SO₃H -COCH₃ -OCH₃ -CH₃

問 6 トルエンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化することで得られる芳香族カルボン酸は何か。化合物名を答えよ。

5

次の文章を読み、問1～問10に答えよ。

高分子化合物には、人工的に合成された合成高分子化合物と、天然に存在する天然高分子化合物がある。合成高分子化合物であるポリメタクリル酸メチルは、眼鏡のレンズや医療用の光ファイバーに用いられる。ポリスチレンは、食品容器や電気製品の外装材に用いられる。これらのプラスチックは、加熱すると軟化^(a)し、冷却すると再び硬化する。

また、加熱により硬化する性質をもつプラスチックとして、フェノール樹脂や尿素樹脂、アルキド樹脂がある。フェノール樹脂は、電気のソケットやプリント配線基板に用いられる。フェノールとホルムアルデヒドから酸触媒により、軟ら^(b)かい固体の中間生成物が生じる。これに硬化剤を加えて加熱すると、フェノール樹脂となる。

一方、デンプンは、六単糖が重合した天然高分子化合物である。デンプンを希^(c)硫酸を用いて加水分解した後、アルコール発酵するとエタノールが得られる。

さらに、容器包装リサイクル法が施行され、プラスチックをリサイクルするこ^(d)とが進められている。

問1 下線部(a)の性質を持つプラスチックの名称を答えよ。

問2 メタクリル酸メチルからポリメタクリル酸メチルをつくる反応の名称を答えよ。

問3 メタクリル酸メチルの分子量を小数第1位まで求めよ。

問4 ポリメタクリル酸メチルの構造式を記せ。

問5 尿素樹脂の原料である尿素の構造式を記せ。

問 6 ポリスチレンを濃硫酸で処理したところ、全てのベンゼン環がスルホン化された。原料として、平均分子量が 3.64×10^5 のポリスチレンを用いて得られる高分子の平均分子量を有効数字 3 桁で求めよ。

問 7 無水フタル酸とグリセリンからつくられるアルキド樹脂の名称を答えよ。

問 8 下線部(b)の中間生成物の名称を答えよ。

問 9 下線部(c)について、デンプン 4.05×10^3 kg から理論上得られるエタノールの質量を、有効数字 3 桁で求めよ。ただし、完全に加水分解してアルコール発酵したものとする。

問10 下線部(d)について、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの違いを簡潔に説明せよ。