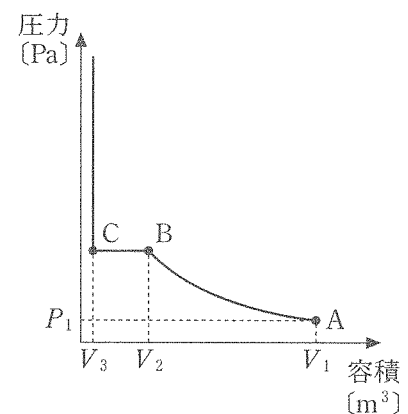


必要があれば以下の値を用いよ。原子量 H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0

I ピストンを付けたシリンダーにある量の水蒸気のみを入れたところ、温度 T [K] のもとでシリンダー内の容積を V_1 [m³] にすると気体の圧力は P_1 [Pa] であった。温度を一定に保ったままピストンをゆっくりと押すことによってシリンダー内の容積を減少させていくと、図に示すように気体の圧力は A 点から出発して次第に増加していったが、B 点、すなわち容積が V_2 [m³] になったところで、それ以上ピストンを押しても圧力の変化がなくなった。さらにピストンを押し続けていくと、C 点、すなわち容積が V_3 [m³] になったところで、圧力が急激に上昇した。水蒸気は理想気体の状態方程式に従い、また純水の体積は圧力によって変化しないものとして、以下の設問に答えよ。なお、気体定数を R とし、Pa・m³ / (K・mol) で表した数値のものとする。



問 1 シリンダー内の容積を減少させていったとき、B 点および C 点においてシリンダー内に起こる変化を述べよ。

問 2 B 点における圧力 [Pa] を問題文に記した記号のうちから適切なものを組み合わせて答えよ。

問 3 温度 T [K] における水の密度を ρ [g/cm³] とし、問題文中の記号と組み合わせて水の分子量を求める式を書け。

問 4 水蒸気の量を 2 倍にしてこの実験を行ったところ、同様にある点においてシリンダー内の容積に関係なく圧力が一定となった。このときの圧力と容積を問題文中の記号を用いて答えよ。

問 5 水蒸気の量を元のとおりとし、さらに水蒸気と同じ物質の理想気体を共存させて V_1 [m³] からシリンダー内の容積を減少させて圧力 [Pa] の変化を観察すると、どのようなグラフが得られるか。図中に実線で記入せよ。なお、傾きが不連続になる点があれば、図にならってその座標がわかるように示し、既存の線(または軸)を含めて漸近線があれば、その線に○を付けよ。

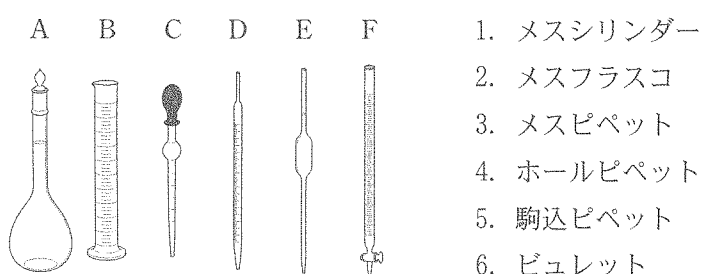
II 以下の実験を行った。問いに答えよ。

【実験 1】 シュウ酸二水和物 (COOH)₂ · 2H₂O の結晶 3.15 g をビーカーに入れ、純水で完全に溶かした後、500 mL の ア に移した。ビーカー内を少量の純水で洗い、この洗液も ア に入れ、これを数回繰り返した。さらに標線まで純水を加え混合した。

【実験 2】 このシュウ酸標準溶液を イ を用いて 20.00 mL 量りとり、コニカルビーカーに入れ指示薬を加えた。これに ウ に入れた水酸化ナトリウム水溶液を滴下し中和した。中和に要した水酸化ナトリウム水溶液の体積は、10.00 mL であった。

【実験 3】 濃度未知の酢酸を イ を用いて 20.00 mL 量りとり、コニカルビーカーに入れ指示薬を加えた。これに実験 2 で濃度の決まった水酸化ナトリウム水溶液を滴下し中和した。中和に要した体積は 20.08 mL であった。

問 1 ア ~ ウ に最も適切な器具を A ~ F の図から選び、またその名称を 1 ~ 6 から選び、記号と数字で答えよ。



問 2 ア ~ ウ の器具が汚れていた。それぞれについて最も正しい使い方を次から選び数字で答えよ。

1. 水道水で洗い、濡れたまま使う。
2. 水道水で洗い純水ですすいだ後、濡れたまま使う。
3. 水道水で洗い、中に入れる水溶液で数回共洗いをして使う。
4. 水道水で洗い純水ですすいだ後、中に入れる水溶液で数回共洗いをして使う。
5. 水道水で洗い、加熱乾燥して使う。
6. 水道水で洗い純水ですすいだ後、加熱乾燥して使う。

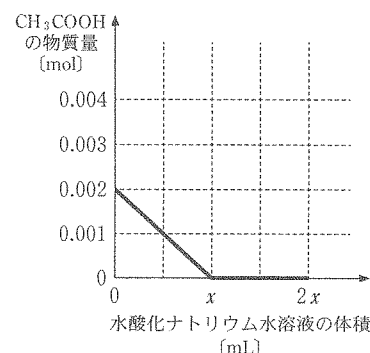
*共洗いとは、少量の液を用いて器具の内壁を洗った後、その液を捨てることである。

問3 実験2の滴定の途中で、水酸化ナトリウム水溶液がコニカルビーカーの内壁に付いたので純水を吹きかけ滴定中の水溶液に流し込んだ。この操作について、以下で最も適切なものを選び記号を書け。

- a. この操作によって水溶液のpHは変化せず、正しい定量ができる。
- b. この操作によって水溶液のpHは変化しないが、正しい定量ができない。
- c. この操作によって水溶液のpHが変化するが、正しい定量ができる。
- d. この操作によって水溶液のpHが変化し、正しい定量ができない。

問4 天秤を用いて固形の水酸化ナトリウムを量りとして純水に溶かしても、正確な濃度の標準溶液を作ることにはできない。その理由を2つ簡潔に答えよ。

問5 実験3で、中和点に達した後もさらに水酸化ナトリウム水溶液を滴下した。この時、滴下した水酸化ナトリウム水溶液の体積[mL]に対してコニカルビーカー内の水溶液中に存在するCH₃COOHの物質[mol]の変化を示したのが右図である。グラフ中の横軸のxの値を整数で答えよ。また、CH₃COO⁻、Na⁺の物質がどのような変化をするかを解答欄のグラフに記入せよ。



Ⅲ 硫酸や硝酸は肥料や薬品など色々な化学製品の製造に必要であり、その生産量はひとつの国において化学工業がどれだけ盛んであるかを示す指標となりうる。硫酸の工業的な製法は、酸化バナジウム(V)を主成分とした触媒を用いて、まず二酸化硫黄を酸化して A を作る。次に A を97~98%の硫酸に吸収させて B を作り、さらにこれを希硫酸と混合して濃硫酸を得ている。このような硫酸の製法を C 法という。硝酸の工業的な製法は、まず白金を触媒として800℃でアンモニアを空気中の酸素で酸化して D を得る。次に D を冷却後空気と混合することで二酸化窒素に変化させる。最後に二酸化窒素を水に吸収させて硝酸にする。このような硝酸の製法を考案者の名前を取って E 法という。硝酸とグリセリンを縮合させてできる F は、ダイナマイトなどの火薬の原料になるばかりではなく、狭心症の対症療法薬としても使われている。これは F が体内に取り込まれて分解され、血管拡張作用がある D を生じるためである。

問1 A ~ F 内に適切な語句を入れよ。ただし、化学式を用いてはならず、A ~ D の語句は正しい漢字のみを用いて表記すること。

問2 下線部(1)~(5)の反応式を書け。

問3 二酸化硫黄、A、硫酸の分子中の硫黄原子及びアンモニア、D、二酸化窒素、硝酸の分子中の窒素原子の酸化数を算用数字で示せ。

問4 E 法の意義は、アンモニアさえあれば、硝石の輸入に依存することなく硝酸を合成できるようになったところにある。このアンモニアは、空気中の窒素を原料として四酸化三鉄を触媒として工業的に合成することができる。このアンモニアの工業的製法の反応式を書け。またこの製法には発明者の名を冠した名前がつけられている。この製法の名称を答えよ。

問5 F 以外にも簡単な構造の化学物質が対症療法薬として使われている。その化学物質をひとつ挙げて、構造式、名称、効能を述べよ。

Ⅳ 組成式がC₃H₅O₂の1価カルボン酸Aを29.2 mg 中和するのに、0.0100 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を20.0 mL 要した。カルボン酸Aに水と少量の酸を加えて加熱したところ、2価カルボン酸Bと、C₃H₈Oの分子式を持ちヨードホルム反応が陽性であるアルコールCが生じた。カルボン酸Bを ア mg 中和するのに、0.0200 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を25.0 mL 要した。

問1 カルボン酸Aの分子式を示せ。

問2 カルボン酸Bの分子式を示せ。

問3 文中の ア に当てはまる数値を記せ。有効数字2桁で答えよ。

問4 アルコールCの構造式を示せ。

問5 カルボン酸Aの構造式を示せ。

問6 アルコールCを用いたヨードホルム反応の化学反応式を記せ。