

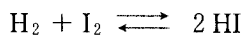
1 次の文章を読んで、下記の問いに答えよ。計算問題は解答の根拠も示すこと。

水素とヨウ素を密閉容器に入れて高い温度に加熱するとヨウ化水素が生成するが、この反応は可逆反応で、生成したヨウ化水素の一部は分解して水素とヨウ素になる。一定温度では、水素、ヨウ素およびヨウ化水素の割合が一定の平衡状態になる。

1モルの水素と1モルのヨウ素を体積一定の頑丈な容器に入れて、500 Kに保ったところ、容器内の圧力は2気圧になった。

(1) 800 Kでは、容器内の圧力は何気圧を示すか。ただし、気体はすべて理想気体として取り扱ってよい。

(2) 500 Kでは、入れたヨウ素の何パーセントがヨウ化水素に変化しているか。ただし、500 Kにおける化学平衡、

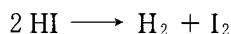


の平衡定数 K は100とする。

(3) $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ におけるエネルギー変化を、2つの活性化エネルギーの関係が分かるように図示せよ。ただし、



における、反応の活性化エネルギーは169 kJ、



における、反応の活性化エネルギーは178 kJである。

(4) 温度が高くなるとヨウ化水素の生成量は多くなるか、少なくなるか。理由を示して答えよ。

(5) ヨウ素の結合エネルギーは149 kJ/mol、また、水素の結合エネルギーは432 kJ/molである。ヨウ化水素の結合エネルギーを求めよ。

2 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

炭素原子は が6の原子で、質量数12と13の同位体 ^{12}C と ^{13}C が天然に存在する。それぞれの同位体の陽子の数は であるが、中性子の数は と である。このうち ^{13}C の同位体の天然存在比は1.07%であるから天然炭素の原子量は12より少し大きくなる。このような天然存在比にある炭素原子を2個持つエチレンのうち、 ^{13}C を1個だけ含む分子の割合は %となる。

炭素原子にはこの他に、質量数14の同位体 ^{14}C が天然存在比に現れないほど極微量に存在する。 ^{14}C は放射線を出して質量数が同じで の1つ大きい窒素原子に変化するため、時間とともにその存在量は減少する。しかし地球上の大気中では、宇宙線により ^{14}C が常に生成し二酸化炭素などとして生物に供給されるため、生体中の ^{14}C の存在比はほぼ一定に保たれている。生物が死滅し外界からの ^{14}C の供給が断たれるとその存在量が減少するため、これを利用して考古学的な年代測定を行うことが可能である。

このような不安定同位体が減少する過程は、過酸化水素などが分解する反応と同様に考えることができる。従って、 ^{14}C の減少速度 v とそのときの濃度 $[^{14}\text{C}]$ との間には のような関係が成り立つ。 ^{14}C の濃度は生物が死滅した後約5730年で $\frac{1}{2}$ に減少し、これを ^{14}C 同位体の半減期とよぶ。 ^{14}C の濃度は生物が死滅した後約5730年で $\frac{1}{2}$ に減少し、これを ^{14}C 同位体の半減期とよぶ。半減期に達したときの ^{14}C の減少速度は死滅したときの速度の になる。

- (1) から に適切な数値、式、または語句を入れよ。
- (2) 下線部(a)について、 ^{12}C の原子量を12.00、 ^{13}C の原子量を13.00として、天然炭素の原子量を有効数字4桁まで計算せよ。ただし ^{14}C の天然存在比は無視できるものとする。

(3) 下線部(b)について、ある貝殻の化石に含まれる ^{14}C の濃度を測定したところ、現在の海の貝殻中のものに比べて約 $\frac{1}{8}$ であった。この化石の推定される考古学的年代として適当なものを下記から選び、その数字を記せ。

1. 半減期の $2\sqrt{2}$ 倍

2. 半減期の3倍

3. 半減期の4倍

4. 半減期の8倍

(4) 生物が死滅したときの ^{14}C の濃度を1とし、その濃度が年代とともに減少する様子をグラフにして示せ。グラフには必要な数値を入れること。

3 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

単体の酸素は、過酸化水素の水溶液に二酸化マンガンを加えるか、^(a) ア^(b)と二酸化マンガンの混合物を加熱すると発生する。また、空气中で放電を行ったり、酸素に イ を照射したりすると、酸素の一部は ウ である エ になる。エ は分解しやすく、酸化剤としてはたらく。

同族の硫黄にも ウ が存在し、室温では オ が最も安定している。硫化鉄に希硫酸を加えると発生する カ は有毒な気体で、水に少し溶け、水溶液は キ 性を示す。金属イオンを含む水溶液に カ を通じると、水に溶けにくい硫化物が沈殿することが多いので、金属イオンの検出に利用される。硫黄を空气中で燃やすと ク を生じる。接触式硫酸製造法では、ケ を触媒として用いて、ク を空气中の酸素と反応させて三酸化硫黄をつくる。それを濃硫酸に吸収させて コ とし、希硫酸で薄めて濃硫酸にする。

実験室では ク は、硫酸を亜硫酸水素ナトリウムに作用させるか、銅に^(c) 濃硫酸を加えて加熱してつくる。^(d)

- (1) 内に適切な語句、数値または化学式を入れよ。
- (2) 下線部(a)で起こる反応を化学反応式で表し、反応前後における酸素原子の酸化数をそれぞれ示せ。
- (3) 下線部(b)について、化学反応式を書け。
- (4) ヨウ化カリウム水溶液に エ を通じた際に起こる反応を化学反応式で示せ。
- (5) 硫化物として検出できる金属イオンのうち、その水溶液に硫酸を加えると難溶性の沈殿を生じることで検出できる金属イオンを1つ書け。
- (6) エ と ク の分子の形に共通する特徴を簡潔に述べよ。
- (7) ク が還元剤にも酸化剤にもなることを、それぞれ例を挙げて示せ。化学反応式も書くこと。
- (8) 下線部(c)および下線部(d)によって起こる反応の化学反応式を書き、硫酸のどのような性質によって反応が起こるかを簡潔に書け。

4 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

α -アミノ酸を含む化合物Aがある。その分子式は $C_{12}H_{13}NO_5$ であり、水溶液中で弱酸性を示す。化合物A 0.251 g を水に溶かし、中和滴定すると 0.100 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液が 20.0 ml 必要であった。化合物A を希塩酸と加熱して加水分解すると、化合物BとCが生じた。化合物Bの元素分析値は炭素 36.1%、水素 5.3%、窒素 10.6% であり、分子量は 133 であった。化合物Bは不斉炭素原子を1つもつ化合物で、ニンヒドリン水溶液を加えて加熱すると赤紫色を示した。化合物Cは、水溶液中で弱酸性を示し、濃硫酸と濃硝酸との混合物を反応させると、2種類の異性体DとEが生じた。化合物Cを、過マンガン酸カリウムアルカリ性水溶液と反応させると化合物Fが得られた。この化合物Fは、化合物Gをアルカリ性水溶液中でヨウ素と反応させても得られ、このとき黄色の沈殿物Hも得られる。

- (1) 化合物Bの分子式を示せ(計算式も示すこと)。
- (2) 化合物A～Hの構造式を書け。なお、化合物Gは複数考えられる。その1つを書け。
- (3) α -アミノ酸であるグリシンの等電点は 5.97 である。等電点でグリシンがイオン化している状態の構造式は、酸性水溶液および塩基性水溶液中でどのように変化するか。解答欄の(a), (b), (c)にはそれぞれ等電点、酸性、塩基性水溶液中での構造式を書け。