

平成 16 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 16 年 2 月 25 日 13:30~16:00 (150 分)

物 理…… 1~18 ページ, 化 学……19~30 ページ

生 物……31~44 ページ, 地 学……45~54 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

注 意 事 項

1. この冊子は, 54 ページである。白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
2. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
3. 答案紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号を記入すること。
4. 解答は, 必ず選択した科目の答案紙の指定された箇所に記入すること。
5. 答案紙は, 持ち帰ってはいけない。
6. 試験終了後, この冊子は持ち帰ること。

化 学

〔注意事項〕 計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量 $H = 1.0$ $C = 12.0$ $O = 16.0$

気体定数 $R = 0.082 \text{ atm}\cdot\text{l}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

1 次の文章を読み、問 1 から問 9 に答えよ。

物質が溶液の中に存在するとき、大きさが $1\sim 100 \text{ nm}$ のコロイドとなって分散するものがある。溶媒に存在する分散質の体積が大きくなると、光をよく散乱するようになる。このためコロイド溶液に強い光を当てると、光の進路が輝いて見える。これは と呼ばれ、コロイド粒子が光を散乱するために起こる現象である。コロイド溶液に横から光をあてて、顕微鏡でのぞくと、ブラウン運動^(a)と呼ばれる粒子の運動も観察される。

コロイドの性質を調べるために、3種類のコロイド水溶液 A, B, C を試料として用意した。これらの試料に少量の電解質水溶液を添加したところ、試料 A には沈殿が生じ^(b)、試料 B と C には沈殿が生じなかった。一方、試料の pH を調整するため、A, B, C のコロイド溶液にごく少量の酸あるいは塩基を加えてから電極を差し込み、直流電圧をかけた。このとき試料 A については、溶液が塩基性のときにコロイド粒子は正極の方に移動し、酸性のときにはほとんど移動しなかった。試料 B については、溶液が塩基性のときにはコロイド粒子は正極の方に移動^(c)したが、酸性のときには負極の方に移動した。試料 C については、酸性でも塩基性でもコロイド粒子の移動は認められなかった。最後に B と C に多量の電解質水溶液を加えたところ、沈殿の生成が認められた。コロイド粒子が直流電圧をかけたときに移動する現象は と呼ばれる。

問 1 文中の空欄 と にあてはまる適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)の現象はどのような原因で生じるのか、40 字以内で説明せよ。

問 3 下線部(b)のように少量の電解質添加により沈殿が生じる現象を何と呼ぶか。

問 4 下線部(c)の結果が生じる原因は、コロイド粒子の表面状態に関係する。移動方向が酸性、塩基性で逆になる原因として、コロイド表面はどのような官能基を持つか、下記のうち最も正しいと思うものを選び、番号で答えよ。

- ① 官能基として -NH_2 を持つ。
- ② 官能基として $\text{-CH}_2\text{OCH}_3$ を持つ。
- ③ 官能基として -COOH と $\text{-CH}_2\text{OCH}_3$ とを持つ。
- ④ 官能基として -NH_2 と -COOH とを持つ。
- ⑤ 官能基として -COOH を持つ。

問 5 ある温度で分子量 1800 の物質を分散したコロイド溶液の浸透圧は図 1 の太線 4 で表された。図 1 の横軸は、溶媒 1 l 中の分散質の質量(g)で定義される濃度である。同じ温度での分子量 5400 の分散質のコロイド溶液の浸透圧は、図 1 の実線 1～6 のどれで表されるか。1～6 のうち正しい番号を答えよ。

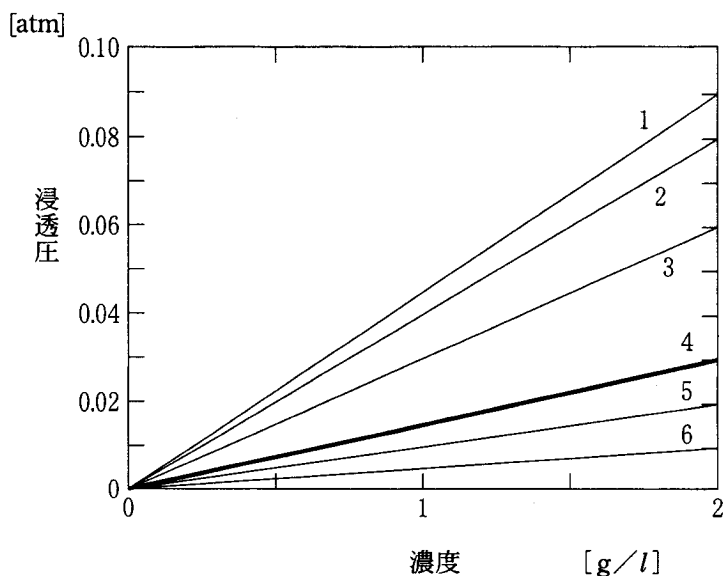
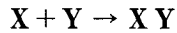


図 1 コロイド溶液の浸透圧

問 6 コロイドには保護コロイドと呼ばれるものがある。保護コロイドの説明を 50 字以内で述べよ。また、保護コロイドの例としてはどのようなものがあるか、その例を 30 字以内で述べよ。

問 7 半透膜を用いてコロイド溶液中の不純物を分離する方法は何と呼ばれるか。

問 8 コロイドの分散質 X と Y が下記のように会合体 X Y を形成する溶液がある。



溶媒中で X と Y の濃度を等しくして浸透圧を測定すると、浸透圧は添加した X の濃度に対してどのように変化するか。図 2 の(a)から(e)のうち正しいものを選び、その記号を答えよ。ただし、会合の平衡定数は濃度によらず一定とする。

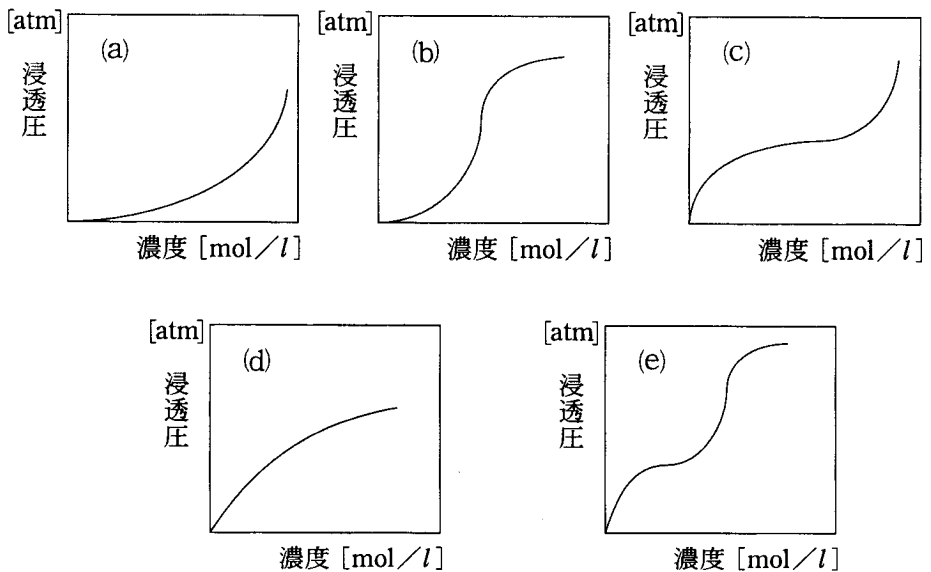


図 2 浸透圧と濃度の関係を示す曲線図

問 9 問 8 の問題で、X の分子量を 800、Y の分子量を 1200 とする。1 l 当りに X を 0.32 g と Y を 0.36 g 溶かした溶液の浸透圧を 27 °C で測定した。このとき浸透圧の測定値は 0.0123 atm であった。この場合の会合体 X Y のモル濃度 $[XY]$ の値と会合の平衡定数 $K [l/mol] = [XY]/([X] \cdot [Y])$ の値を有効数字 2 桁^{けた}で示せ。また、その計算過程も示せ。ただし、 $[X]$ 、 $[Y]$ は X、Y のモル濃度を表す。

2 次の文章を読み、問1から問5に答えよ。

分子を構成する原子が3個以上になると分子はさまざまな形をとるようになる。分子を構成する原子の幾何学的配置によって、直線形、折れ線形、四面体形というように分子の形が表現される。このような分子の形をとる理由を説明するのに次の二つの仮定をたてる。(1)分子の中心に位置する原子のまわりの共有電子対と非共有電子対は互いに反発しあうので、お互いができるだけ遠い位置を占める。^(a)(2)非共有電子対は共有電子対よりも空間的に広がっているので、電子対間の反発の力は共有電子対よりも強い。この二つの仮定に基づいて分子の形を考えてみよう。

原子3個で構成される水分子では、中心原子の酸素はK殻に 個、L殻に 個の電子を持ち、水素原子と共有結合を作っている。したがって、水分子の酸素原子のまわりには共有電子対が 個、非共有電子対が 個存在する。これらの電子対すべてが互いにできるだけ遠く離れるように位置することで、水分子の形は折れ線形となる。原子4個で構成されるアンモニアと三フッ化ホウ素では、中心原子はそれぞれ窒素とホウ素であり、これらの中心原子がそれぞれ水素またはフッ素と3本の化学結合を形成している。三フッ化ホウ素の場合、ホウ素原子のまわりには共有電子対が3個、非共有電子対が 個あり、これらの電子対ができるだけ遠い位置を占めることで分子の形が決まる。原子5個で構成されるアンモニウムイオンと四フッ化硫黄の場合も、同じ考え方で分子の形を推定できる。

原子3個で構成される分子の中で、オゾンと二酸化硫黄は共に折れ線形分子であるが、オゾンよりも二酸化硫黄の方が水に溶けやすい。^(b)このように分子の形ばかりでなく、分子を構成する原子の種類によっても、分子はさまざまな性質を示すことになる。

問 1 前ページの文章の空欄 **ア** から **オ** にあてはまる適切な数値を入れよ。

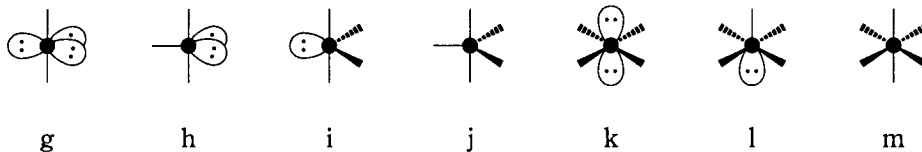
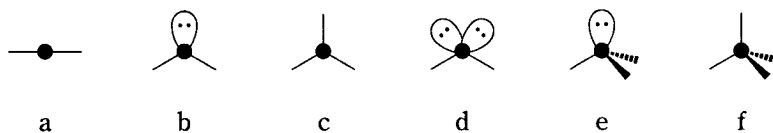
問 2 以下の設問に答えよ。

- (1) アンモニアとアンモニウムイオンについて窒素原子の非共有電子対の数を答えよ。
- (2) 中心原子と他の二つの原子との間に 2 個の化学結合があり、この 2 個の化学結合の間の角度を結合角という。例えば、直線形分子の二酸化炭素の結合角は 180 度である。水、アンモニア、アンモニウムイオンの各分子の結合角をそれぞれ α , β , γ とするとき、これらの結合角の大小関係について正しいものを下から選び、解答欄の記号を○で囲め。また、それを選んだ理由を、下線部(a)の仮定に基づいて 50 字以内で説明せよ。

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| a. $\alpha > \beta > \gamma$ | b. $\alpha > \gamma > \beta$ | c. $\beta > \alpha > \gamma$ |
| d. $\beta > \gamma > \alpha$ | e. $\gamma > \alpha > \beta$ | f. $\gamma > \beta > \alpha$ |
| g. $\alpha > \beta = \gamma$ | h. $\beta = \gamma > \alpha$ | i. $\alpha = \beta = \gamma$ |

問 3 以下の設問に答えよ。

- (1) 四フッ化硫黄の中心原子である硫黄の非共有電子対の数を答えよ。
- (2) 三フッ化ホウ素と四フッ化硫黄の分子の形をそれぞれ次ページの図から選び、解答欄の記号を○で囲め。なお、図中、黒丸は中心原子を、 \odot は非共有電子対を表し、これ以外の中心原子から出ている線は共有電子対を表していて、実線は紙面上に、 \backslash は紙面より手前に、 \diagdown は紙面の裏面に共有電子対が伸びていることを示す。



問 4 以下の設問に答えよ。

(1) 次の分子のうち、分子全体として極性を持つ分子をすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- a. 四塩化炭素 b. 二酸化炭素 c. 二硫化炭素 d. 硫化水素
e. メタン f. アンモニア g. アンモニウムイオン

(2) 下線部(b)で、オゾンに比べて二酸化硫黄が水に溶けやすい理由を 45 字以内で説明せよ。

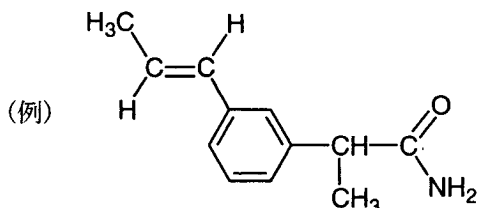
問 5 以下の設問に答えよ。

(1) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱するとアンモニアが得られる。この化学反応式を書け。また、アンモニアの捕集法と乾燥剤を下から選び、解答欄の記号を○で囲め。

- a. 上方置換 b. 下方置換 c. 水上置換
d. 濃硫酸 e. 塩化カルシウム f. 酸化カルシウム

- (2) 二酸化硫黄を硫化水素水に通じたら沈殿が生成した。この化学反応式を書き、二酸化硫黄と硫化水素、生成した沈殿、それぞれについて硫黄の酸化数を答えよ。また、二酸化硫黄は、(a)酸化剤と(b)還元剤のどちらであるか、解答欄の記号を○で囲め。

- 3 炭素、水素、および酸素からなる *p*-置換ベンゼン誘導体である化合物 **A** に関する以下の文章を読み、問 1 から問 8 に答えよ。構造式は下記の例にならって書け。ただし、光学異性体は区別しなくてよい。



- 実験 1 化合物 **A** を水酸化ナトリウム水溶液に加え、加熱して完全に反応させ、溶液 **I** を得た。溶液 **I** を室温まで冷却した後、エーテルを加えて抽出し、エーテル層 **II** と水層 **II** に分けた。エーテル層 **II** を濃縮すると、 $C_5H_{10}O$ の分子式を有する化合物 **B** が得られた。水層 **II** に注意深く希塩酸を加えて中和した後、エーテルで抽出してエーテル層 **III** を得た。このエーテル層 **III** を濃縮すると化合物 **C** が得られた。
- 実験 2 化合物 **B** のエーテル溶液に金属ナトリウムの小片を加えたところ、水素が発生した。
- 実験 3 化合物 **B** を臭素水に加えて振り混ぜたところ、赤褐色が消えた。
- 実験 4 化合物 **B** のクロロホルム溶液に偏光を通過させたところ、偏光を回転させる性質を示した。
- 実験 5 化合物 **B** に触媒を用いて水素を付加させたところ、化合物 **D** が生成した。実験 4 と同様に、化合物 **D** のクロロホルム溶液に偏光を通過させたが、偏光を回転させる性質は示さなかった。
- 実験 6 化合物 **D** に濃硫酸を加え穏やかに加熱したところ、 C_5H_{10} の分子式を有するアルケンが生成した。

実験 7 化合物 C 8.2 mg をはかりとり完全に燃焼させたところ、 CO_2 が 19.8 mg、 H_2O が 3.6 mg 生成した。

実験 8 化合物 C を水酸化ナトリウム水溶液に溶解させ、ヨウ素ヨウ化カリウム溶液を加えたところ、ヨードホルムが生成した。十分に反応させた後、反応液にエーテルを加えて抽出し、エーテル層Ⅳと水層Ⅳに分けた。水層Ⅳに注意深く希塩酸を加えて中和した後、エーテルで抽出し、このエーテル層を濃縮したところ、分子式 $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$ を有する化合物 E が得られた。

問 1 実験 2 および実験 3 の結果から、化合物 B に存在すると考えられる官能基または部分構造の名称を書け。

問 2 実験 4 で観察された光学的な性質は、有機化合物の場合、ある特徴的な化学構造に起因することが知られている。化合物 D ではなく、化合物 B に存在する、その化学構造について 40 字以内で説明せよ。

問 3 化合物 B の構造式を書け。

問 4 C_5H_{10} の分子式を有するアルケンに可能な異性体は何種類存在するか。また、 C_5H_{10} の分子式を有するアルケンの全てを同一容器中に入れて、触媒を用いて完全に水素を付加させた場合、反応後には何種類のアルカンが存在することになるか。解答欄にそれぞれの数を書け。

問 5 実験 7 の結果から、化合物 C の組成式を求めよ。計算過程も示せ。

問 6 炭素、水素、および酸素からなる分子量 60 以下の化合物で、ヨードホルム反応を示す化合物の構造式を 2 つ書け。

問 7 化合物 E は高分子合成の有用な原料でもある。化合物 E の構造式を書け。また、この化合物を適当な物質から合成する方法を 1 つ書け。

問 8 化合物 A の構造式を書け。