

〔1〕 次の文章を読んで、(1)~(6)の問いに答えよ。

元素の周期表は、1869年にロシアの(a)によって初めて提案された。最初の周期表では元素に固有な値として、(b)に注目し、元素を(b)の小さい方から順番に並べて化学的性質が似た元素が周期的に現れることを示した。現在では、(b)の代わりに(c)の順番に元素を配列している。

原子の質量のほとんどは原子核の質量からなっており、その質量は(c)の表す陽子の数だけでなく、陽子と(d)の数により決まる。そのために陽子と(d)の数の和を(e)とよぶ。元素の(b)と(c)の相関関係を見ると、その大小が逆転している元素の組み合わせがある。たとえば、アルゴンの(b)は39.95、(c)は18であるのに対して、カリウムは、(b)が39.10、(c)が19である。

中性の原子では陽子の数が電子の数に等しいため、その電子が電子殻に入るとき、同じ数の(f)殻電子が周期的に現れる。(f)殻電子は、希ガスの場合を除いて化学結合に関与することができる(g)となるので、その結果として化学的性質の周期性が説明できる。

また、元素のいろいろな物理的性質にも周期性が現れる。たとえば、気体の原子1個から電子1個を取り去って陽イオンにするときに必要なエネルギーである(h)や、その逆に1個の電子を受け取って陰イオンとなるときに放出するエネルギーである(i)、また原子が電子を引きつけようとする性質である(j)にも周期性が認められる。

- (1) 上記の(a)にはふさわしい人名を、(b)~(j)には適当な語句を入れよ。
- (2) 原子の質量がほとんど原子核の質量に等しいのはなぜか。その理由を述べよ。

- (3) 天然のアルゴンには(e)が 36, 38, 40 の同位体があり, カリウムには (e)が 39, 40, 41 の同位体がある。また, いずれの元素も上記の同位体のうち1つが 90% 以上の存在比をもつ。以上の知識と下線部の事実から, それぞれどの同位体が 90% 以上の存在比をもつかを(e)で示し, その理由を述べよ。
- (4) ホウ素原子と塩素原子の(f)殻電子について, その電子殻の種類(K, L, M, …)と電子数を示せ。
- (5) ハロゲンの場合, 電子を引きつけようとする性質は(c)が大きくなるにつれてどのように変化するか。
- (6) 単体の性質のうち, 周期性を示す性質を 2 つあげよ。ただし, 電子数の周期性と(h), (i), (j)は除く。

〔2〕 次の文章を読んで、(1)~(4)の問いに答えよ。

分子内に電荷のかたよりのある分子を極性分子とよび、電荷のかたよりのない分子を無極性分子とよぶ。ここでは、原子番号 x の元素を x 番元素とよぶことにする。

- (1) x 番元素 X は n 個の水素原子と結合して、水素化合物 XH_n を形成する。6 番元素、7 番元素、8 番元素、16 番元素の水素化合物を、極性分子と無極性分子に分類し、原子番号で答えよ。
- (2) 6 番元素と 16 番元素を中心原子とする二酸化物は、左右対称形の 3 原子分子である。6 番元素の二酸化物は無極性分子であるのに対して、16 番元素の二酸化物は極性分子である。6 番元素と 16 番元素の二酸化物を直線形分子と折れ曲がり形分子に分類し、原子番号で答えよ。また、分類の理由を説明せよ。
- (3) 6 番元素、7 番元素、16 番元素の二酸化物と 6 番元素、7 番元素、8 番元素、16 番元素の水素化合物を、常温 (300 K)、1 atm において気体となるものと液体となるものに分類し、それらを分子式で答えよ。
- (4) 前問(3)においてとりあげた二酸化物と水素化合物のうち、最も沸点の高いものは、同じ程度の分子量をもつ無極性分子より、[A]熱が大きい。[A]にあてはまる語句を記せ。また、このような性質の原因となる分子間に働く力は、通常の分子間力より著しく強い。これを何とよぶか。

〔3〕 次のⅠとⅡの文章を読んで、(1)～(5)の問いに答えよ。

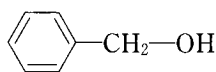
Ⅰ ベンゼンを酸触媒の存在下でプロピレンと反応させたところ、分子量 120 の化合物 **A** が生成した。**A** の重量組成比は、炭素が 90%、水素が 10% であった。触媒の存在下で **A** に酸素を付加させ、この酸素付加物を硫酸で分解すると、酸性物質 **B** とカルボニル化合物 **C** が得られた。**B** と金属ナトリウムを反応させて **B** のナトリウム塩をつくり、これを高圧の二酸化炭素存在下で反応させ酸性にすると、化合物 **D** が遊離した。**D** を酢酸の酸無水物と反応させると **E** が生じた。化合物 **A** を過マンガン酸カリウムで処理すると、酸性物質 **F** が生成した。

Ⅱ 2-プロパノールの過マンガン酸カリウム酸化で得られる化合物を **G** とする。クロロベンゼンと水酸化ナトリウム水溶液を高圧・高圧下で反応させ、酸性にすることによって得られる化合物を **H** とする。エチルベンゼンまたはベンジルアルコール ($C_6H_5CH_2OH$ 、下図に構造式を示す) を過マンガン酸カリウムと反応させて得られる化合物を **I** とする。

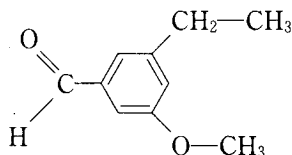
- (1) 化合物 **A** の組成式を求めよ。
- (2) 化合物 **A**、**B**、**D**、**E**、**F** の生成する反応は、それぞれ次のどれに分類できるか。

還元、置換、酸化、けん化、エステル化、加水分解

- (3) **G**、**H**、**I** は、**A**～**F** の化合物のどれかと一致する。一致する組み合わせを (**X**、**Y**) のような書き方で示せ。
- (4) 化合物 **A**～**F** の構造式を、下図の例にならって記せ。



ベンジルアルコール



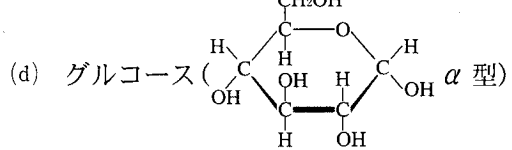
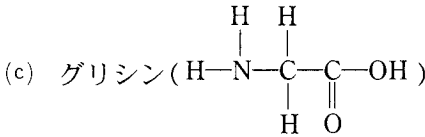
- (5) 化合物 **F** を炭酸水素ナトリウム水溶液に溶解させると、気体が発生する。この気体の名称を記せ。

[4] 次の文章を読んで、(1)～(6)の問いに答えよ。

以下の4種類の物質を含む水溶液がある。

(a) 血清アルブミン

(b) グリコーゲン



このような溶液から、物質の化学的性質を利用してそれぞれを分離することができる。まず、この溶液をセロハンの袋に入れて口を結んで閉じ、水中に浸して、水をゆっくりかき混ぜながら一日おいた。(i) その間、水を3回交換した。最後の水と交換した水をすべて混合して濃縮し、溶液Aとした。溶液Aは、pHを4にあわせた後、(ii) 図1に示した構造を持つ樹脂を詰めた図2のようなガラス管(カラム)に通し、その流出液を集めた。さらにこのカラムをpH4の緩衝溶液で洗浄し、その洗浄液を先の流出液と合わせ、溶液Bとした。次に、このカラムに1 mol/l NaCl水溶液を通しその流出液を集め、溶液Cとした。カラムに1 mol/l NaCl水溶液を通すことにより、樹脂に結合した物質を樹脂から遊離させ、流出液中に回収することができる。セロハン袋内の溶液(溶液D)は、取り出してpHを4にあわせた後、下線(ii)と同じ操作を行い、最初の流出液と洗浄液を合わせて溶液Eとし、NaCl水溶液による流出液を溶液Fとした。なお、グリシンの等電点は6、血清アルブミンの等電点は5である。

また、解答にあたって、構造式は上記(c)、(d)の例にならって記せ。

図1

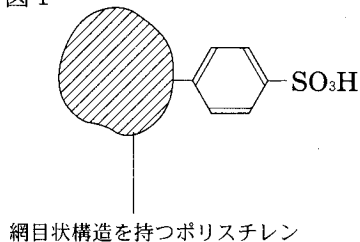
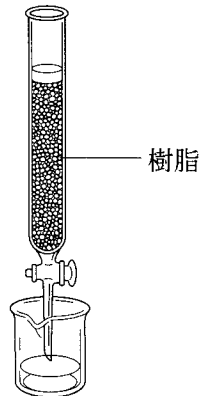


図2



- (1) 血清アルブミンは血液中に存在するタンパク質で、種々のアミノ酸が特定の順序で脱水縮合して結合した高分子である。この結合の名称を記せ。また、2分子のグリシンがこの結合により連結された化合物の構造式を記せ。
- (2) グリコーゲンは、多数の α -グルコースが脱水縮合して連結された高分子で、動物の肝臓や筋肉に含まれる。グリコーゲンには、アミロースと同じ構造の結合が含まれている。2分子の α -グルコースが、この結合により連結された化合物の構造式を記せ。
- (3) 下線部(i)で示した分離法では、物質のどのような化学的性質の差異をもとに分離が行われるか。もっとも適切なものを、下の(I)の(あ)~(し)より1つ選びその記号を記せ。また、セロハンのような性質を持つ膜の名称を記せ。
- (4) 下線部(ii)で示した分離法では、物質のどのような化学的性質の差異をもとに分離が行われるか。もっとも適切なものを、下の(I)の(あ)~(し)より1つ選びその記号を記せ。また、図1の樹脂のような性質を持つ樹脂の名称を記せ。
- (5) 溶液B, C, E, Fのそれぞれに主に含まれる物質は、上記(a)~(d)のどれか。その記号を記せ。
- (6) 上記(a)~(d)の物質を確認するためにもっとも適切な試薬を、下の(II)の(ア)~(カ)より1つ選びその記号を記せ。

- (I) (あ) 還元性 (い) 立体異性 (う) 構造異性 (え) 分子量
 (お) 融点 (か) 沸点 (き) 電荷 (く) ファンデルワールス力
 (け) 疎水性 (こ) 親水性 (さ) 溶解度 (し) 濃度

- (II) (ア) フェーリング液 (イ) フェノールフタレイン溶液
 (ウ) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液 (エ) メチルオレンジ溶液
 (オ) 水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(II)水溶液 (カ) ニンヒドリン水溶液