三重大学

2023 年度　前期日程　化学

（2 科目　150 分）

［注意］　必要があれば，次の数値を使うこと。

原子量：H = 1.00，C = 12.0，O = 16.0

気体定数：8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

0 ℃ = 273 K

1 次の文章を読み，**問 1**〜**問 6** に答えよ。

原子は，陽子と中性子から構成される原子核と，その周りを取り巻くいくつかの電子からできている。同じ元素の原子で，中性子数の異なる原子同士を互いに［ ア ］であるという。例えば，炭素の ^{14}C は放射性［ ア ］とよばれるが，この物質は大気中の二酸化炭素に一定の割合で含まれている。植物は光合成により ^{14}C を大気中の二酸化炭素と同じ割合で取り込む。植物が枯れると，新たに ^{14}C を取り込まなくなり，枯れた植物中の ^{14}C は高いエネルギーを持った電子の流れである［ イ ］線を放出しながら安定した ^{14}N へと変化し，取り込まれた炭素全体における割合が減少していく。この減少は放射性［ ウ ］とよばれ，また含まれる放射性［ ア ］の量が半分になるまでの時間(a)を［ エ ］とよぶ。

元素を［ オ ］の順に並べると，元素の物理的，化学的性質が周期的に変化することを元素の周期律(b)とよぶ。原子の半径，原子の最外殻から電子を 1 個奪うときに必要な最低限のエネルギーである［ カ ］，原子が最外殻に電子を 1 つ取り込み，1 価の陰イオンになるときに生じるエネルギーである［ キ ］などは周期的に変化するが，イオン半径はイオンの価数などに影響を受けるため，周期的に変化するとは言えない(c)。

同じ元素からなる単体で，性質が異なるもの同士を［ ク ］という。［ ケ ］と黒鉛は炭素の［ ク ］同士であるが，正四面体型の構造が三次元的に繰り返された［ ケ ］に対し，黒鉛は炭素原子が他の炭素原子と共有結合して平面構造を作る。黒鉛を芯に使った鉛筆で紙に字が書けるのは，［ コ ］で結びついている黒鉛の平面構造が紙との摩擦により剥がれ，紙に残るためである。

問 1　［ ア ］〜［ コ ］に入る語句または記号を答えよ。

問 2　下線部 (a) について，次の問題に答えよ。

(1) ^{14}C の量が半分になるまでの年数を，有効数字 2 桁で答えよ。

(2) 樹木に含まれる ^{14}C の割合が枯れる前の 1/1024 になっていたとして，この樹木が枯れてからの年数を有効数字 2 桁で答えよ。なお，計算に必要な ^{14}C が半分になる年数は，問 2(1) の数値を用いよ。

問 3　下線部 (b) の法則を発見した人物名を答えよ。

問 4　［ カ ］が最も大きい元素を元素記号で答えよ。

問 5　下線部 (c) について，次の質問に答えよ。

同数の電子を有する次の 4 種類のイオン (O^{2-}，Mg^{2+}，F^-，Na^+) を，イオン半径の大きい順番に並べよ。なお，この場合のイオン半径とは，原子核から最外殻に存在する電子までの距離とする。

問 6　硫黄 (S) の［ ク ］は 3 種類存在する。それらをすべて答えよ。

2 次の文章を読み，**問 1**〜**問 4** に答えよ。気体は全て理想気体とする。

一端を閉じた断面積 1.00 cm^2 の円筒形のガラス管に水銀を満たし，27.0 ℃，大気圧 760 mmHg のもとで，水銀の入った容器の中で倒立させた。その結果，図 1 に示すように，水銀が満たされた容器の水銀面からガラス管中の水銀上面 (水銀柱) の高さは 76.0 cm，水銀上面からガラス管先端までの長さは 29.0 cm となった。そして，この状態でガラス管は固定された。なお，水銀の蒸気圧は無視でき，その液面は全て平坦であるとする。

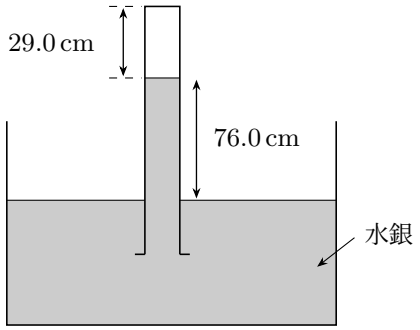


図 1

問 1　圧力とは単位面積当たりに加わる力である。1 mmHg = 133 Pa であり，1 Pa は 1 cm^2 の面積を持つ面上に置かれた 1.02×10^{-2} g のおもりが，その面に一様に与える力に相当する。図 1 の状況をもとに，水銀の密度を計算せよ。有効数字は 3 桁とし，答えは〔g/cm^3〕単位で表せ。

問 2　図 1 に示した実験装置を利用して，27.0 ℃における，エタノールの飽和蒸気圧を求める実験方法を述べよ。なお，エタノールは水銀に溶けない。

問 3　図 1 において，ガラス管上部の空間に気体 A を下から一定量入れたところ，水銀柱の高さは 55.0 cm となった。気体 A は水銀には溶けない。

(1) ガラス管上部の空間内の圧力を求めよ。有効数字は 3 桁とし，答えは〔mmHg〕単位で表せ。

(2) ガラス管上部に入れた気体 A のモル数を，有効数字 3 桁で計算せよ。

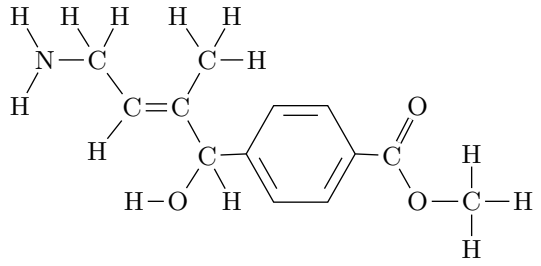
問 4　気体 A が入った**問 3** の状態から，さらに別の気体 B をガラス管上部に加えたところ，水銀柱の高さは 35.0 cm に変化した。気体 B は水銀には溶けず，また気体 A とも反応しない。

(1) ガラス管上部の空間内の気体 A および気体 B の分圧を求めよ。有効数字は 3 桁とし，答えは〔mmHg〕単位で表せ。計算過程も示せ。

(2) 加えた気体 B のモル数を，有効数字 3 桁で計算せよ。

3 次の文章を読み，**問 1**〜**問 5** に答えよ。なお，構造式は例にならって解答せよ。

(例)



有機化合物の種類は極めて多く，エチレンやプロペンのように炭素原子間に二重結合を 1 つ持つ鎖式不飽和炭化水素は，［（ア）］という。［（ア）］は，一般式［（イ）］で表される。炭素が 4 つの［（ア）］には，3 種の構造異性体が存在する。これらの内，2-ブテン(a)には，2 種の立体異性体が存在している。［（ア）］の二重結合は，性質の異なる 2 種の共有結合で構成されており，比較的弱い方の結合は，

他の原子や原子団と新たに結合することができる。このような反応を［（ウ）］反応という。例えば，エチレンを臭素水に通じると，臭素水の赤褐色が消える。これは，エチレンに対し臭素が［（ウ）］して，［（エ）］が生成したためである。また，プロペンに塩化水素が［（ウ）］する場合は，2 種の生成物が考えられるが，一般により多くの水素原子と結合している方に水素が反応した生成物が得られる。(b)

一方，炭素原子間に三重結合を 1 つ持つ鎖式不飽和炭化水素は，［（オ）］とよび，一般式［（カ）］で表される。［（ウ）］反応は，［（オ）］にも同様に起こる。例えば，アセチレン(c)と臭素，またはアセチレン(d)と水との反応などがある。

問 1　［（ア）］～［（カ）］に当てはまる語句または一般式を答えよ。

問 2　下線部 (a) の 2 種の立体異性体を構造式で示せ。

問 3　下線部 (b) の規則を何とよぶか答えよ。

問 4　下線部 (c) で，アセチレンは炭化カルシウムに水を加えることで発生させることができる。この反応を化学反応式で示せ。

問 5　下線部 (d) で，アセチレンと水が 1 : 1 で反応すると，2 種の構造異性体が平衡混合物として存在し，最終的に生成物に収束する。

(1)　平衡混合物の 2 種の構造異性体を，それぞれ構造式で示せ。

(2)　より安定であるのはエノール形とケト形のどちらか答えよ。

4　次の文章を読み，**問 1**～**問 5** に答えよ。

天然あるいは人工的に合成された分子量の大きな化合物，特に分子量が約一万以上である化合物が存在し，衣食住などの我々の社会を支えている。これらの化合物は高分子化合物または高分子とよばれる。高分子化合物は有機高分子化合物，無機高分子化合物に分けられる。これらの高分子化合物の多くは小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしている。この構成単位となる小さな分子を単量体 (モノマー) という。単量体が次々に結合する反応を重合とよび，重合で生じる高分子化合物を重合体 (ポリマー) という。重合体を構成する繰り返し単位の数を重合度 (n) という。重合反応には，縮合重合(a)，共重合，開環重合などがある。

高分子化合物は，分子量の小さな化合物とは異なる性質を有している。高分子化合物は同じ種類の分子でも重合度にばらつきがあるため，個々の高分子の分子量を平均した平均分子量(b)が用いられる。また，多くの高分子化合物は常温では固体であるが，一定の融点を示さず(c)，加熱とともに徐々に軟化

し，やがて液体となるものと分解するものとがある。液体になった場合，さらに加熱しても気体にならず分解する。

人工的に合成された有機高分子化合物には，その形態や機能により，合成繊維，合成樹脂，合成ゴムなどがある。テレフタル酸とエチレングリコールの間で縮合重合を行うと，ポリエチレンテレフタラート (略称 PET) が得られる(d)。PET は速乾性であり，また比較的高い強度を有する(e)。これを材料として，リサイクル性の高いペットボトルが作られる。PET をはじめとして，高分子化合物は様々な形で医療へも応用されている。

問 1　下線部 (a) について，各重合反応に該当する高分子化合物として適切なものをそれぞれ以下の (1)〜(5) より 1 つ選択し，記号で答えよ。

(1) スチレン - ブタジエンゴム　　(2) ナイロン 6　　(3) ポリスチレン

(4) ナイロン 66　　(5) フェノール樹脂

問 2　下線部 (b) について，一般的に高分子化合物の分子量測定には凝固点降下法は使われない。以下について答えよ。

(1) 平均分子量 45000 の非電解質で水溶性の高分子化合物 0.5 g を 100 g の水に溶かして，水溶液を調製した。この溶液の凝固点は何℃か，計算過程を示して答えよ。ただし，水のモル凝固点降下は 1.85 K·kg/mol，有効数字 2 桁とする。

(2) 上記の結果より，高分子化合物の分子量測定には凝固点降下法が使われない理由を 60 字以内で答えよ。なお，温度計はその精度などにより，0.01 ℃を測定することができない。

(3) 高分子化合物の分子量をどのような方法で求めるのか，1 つ答えよ。

問 3　下線部 (c) について，高分子化合物が一定の融点を示さない理由を 40 字以内で答えよ。

問 4　下線部 (d) について，ポリエチレンテレフタラートの繰り返し単位の式量が 192，平均分子量が 6.72×10^5 であるとき，(1) 重合度 (n)，(2) 何個のエステル結合が含まれるかを有効数字 2 桁で答えよ。

問 5　下線部 (e) について，ポリエチレンテレフタラートのこのような性質は，構造式上のどのような特徴によるものかを 50 字以内で答えよ。

5 球状構造を持つ酵素 A に関する次の〔1〕〜〔4〕の文章を読み，**問 1**〜**問 8** に答えよ。

〔1〕 酵素 A を種々の異なる pH の緩衝液中で電気泳動し，各々の pH 値における移動度を測定した。図 1 は，水溶液の pH と陰極側および陽極側への移動度の関係を示している。正 (+) の移動度は陰極側へ移動したことを，負 (−) の移動度は陽極側へ移動したことを意味する。この図において，移動度がゼロとなる pH(ア) が作図から求められた。なお，緩衝溶液の電解質は酵素 A の移動には関与しないものとする。

〔2〕 図 2 は，酵素 A の分子の構造的広がり (一分子あたりの体積を反映) と pH の関係を示している。図 1 の移動度ゼロの pH(ア) において，分子は最も収縮して構造的広がりは最小となった。また，移動度ゼロの pH(ア) から，高い pH 領域にある pH(イ)，pH(ウ) の塩基性側に離れるほど分子は膨張して構造的広がりは増加した。同様の分子の膨張は，移動度ゼロの pH(ア) から低い pH 領域においても観察された。

〔3〕 酵素 A は，基質と結合して触媒作用を示す特定の分子構造をもつ。この分子構造は，分子全体の比較的狭い領域に局在している。この分子構造を持つ領域を［ ① ］という。酵素 A は，この分子構造により特定の物質としか結合できないため，選択的な触媒作用を示す。この性質を，酵素 A の［ ② ］という。

〔4〕 図 3 は，ある基質に対する酵素 A の触媒作用における反応速度と pH の関係を示している。反応速度が最大となる pH(エ) が存在し，pH(エ) から少し高い pH 側に離れた pH(オ) では反応速度が低下する。なお，pH(オ) は塩基による酵素 A の変性が起こらない pH 領域とする。

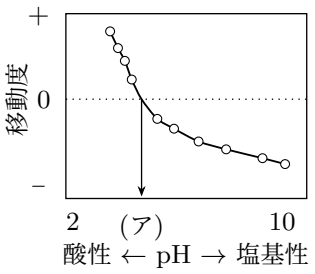


図 1

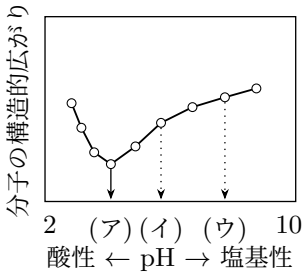


図 2

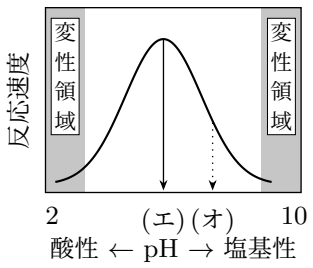


図 3

問 1 下線部 (a) で，酵素 A が水溶液の pH によって正の移動度または負の移動度を示す理由を簡潔に説明せよ。

問 2 下線部 (b) の pH(ア) を何とよぶか答えよ。

問 3　pH(ア) では，水溶液中で酵素 A の凝集と沈殿が起こりやすい。その理由を簡潔に説明せよ。

問 4　酵素 A の水溶液に多量の電解質を加えると，溶解度が減少して沈殿する。この現象を何とよぶか答えよ。

問 5　下線部 (c) で，図 2 に示すように pH が (ア)，(イ)，(ウ) の順に塩基性側に高くなるほど分子の構造的広がりが増加する理由を簡潔に説明せよ。

問 6　文章中の［　①　］と［　②　］に入る適切な語句を記せ。

問 7　下線部 (d) の pH(エ) を何とよぶか答えよ。

問 8　下線部 (e) に関して，最大速度と比較して pH(オ) では反応速度が小さい。この理由を，図 2 の分子構造の側面から簡潔に説明せよ。