

4 3 4 4 4 5 【理 学 部】

理 科 問 題

2020(令和2)年度

【注意事項】

1. 受験区分により解答する科目数および試験時間が異なるので注意すること。

受験区分	解答科目数	試験時間
A方式	2科目	180分
B方式	1科目	90分

2. 試験開始の合図まで, この問題冊子を開いてはいけない。ただし, 表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
3. この問題冊子の印刷は1ページから20ページまであり, 解答用紙は問題冊子中央に9枚はさみこんである。

科 目	問 題	解答用紙
物 理	1ページから7ページ	3枚 (43-1, 43-2, 43-3)
化 学	8ページから12ページ	3枚 (44-1, 44-2, 44-3)
生 物	13ページから20ページ	3枚 (45-1, 45-2, 45-3)

4. 問題冊子に落丁, 乱丁, 印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は, 手をあげて監督者に申し出ること。
5. 試験開始後, 解答する科目の解答用紙の所定欄に, 受験番号と氏名を記入すること (1枚につき受験番号は2箇所, 氏名は1箇所)。
6. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
7. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は, 採点されない場合もあるので注意すること。
8. 解答する字数に指定がある場合は, 句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は, 1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
9. 解答用紙を切り離したり, 持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること (提出方法については, 試験終了後の指示に従うこと)。
10. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
11. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等, やむを得ない場合には, 手をあげて監督者を呼び, 指示に従うこと。
12. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

44 化学

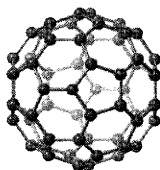
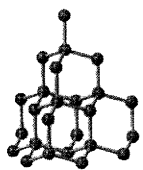
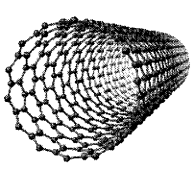
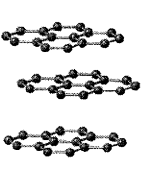
8 ページから 12 ページ

- 〔 I 〕 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。ただし、原子量は、 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。

地球上の大気成分は窒素、酸素、アルゴン、(A)二酸化炭素などである。殺菌や漂白作用のある(B) O_3 は、大気中では主に成層圏下部に存在し、太陽からの有害な紫外線を防ぐ効果がある。 O_3 は酸素の(C)同素体に分類される。

空気中の酸素と水素などの燃料を外部から供給し、燃料のもつ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変える装置を(D)燃料電池という。燃料電池の電極には白金などを(E)触媒として含む多孔質材料が用いられる。

- (1) 下線部(A)、(B)において、(A)の分子の電子式と(B)の分子の名称を示しなさい。
- (2) 下線部(C)において、炭素の同素体であるダイヤモンド、グラファイト、フラーレン、カーボンナノチューブのそれぞれの構造を下表の選択肢①～④のうちから選び、記号で答えなさい。

【選択肢】	①	②	③	④
構造				

- (3) 右の表には、分子の標準気圧($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)における沸点と標準状態($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 0°C)における 1 mol の体積を示した。下記の問いに答えなさい。

- (ア) 水素の体積が理想気体(22.41 L)に比べて大きい理由を 30 字程度で説明しなさい。
- (イ) 二酸化炭素の体積が表中の分子の中で最も小さい理由を 30 字程度で説明しなさい。

分子	沸点 $[\text{C}]$	体積 $[\text{L}]$
水素	-253	22.43
窒素	-196	22.40
アルゴン	-186	22.39
二酸化炭素	-79(昇華)	22.26

- (ウ) 水の沸点は標準気圧において 100°C である。右の表に示した分子と比べて水が著しく高い沸点を持つ理由を説明しなさい。

(4) 下線部(D)に関して、下記の問いに答えなさい。

(ア) 電解質にリン酸を用いた燃料電池では、負極で水素の酸化、正極で酸素の還元反応が進行している。燃料電池の負極と正極で起こる反応を電子(e^-)を用いたイオン反応式で示しなさい。

(イ) $1.93 \times 10^3 \text{ C}$ の電気量を得るために消費される水素は標準状態で何 mL か有効数字3桁で答えなさい。ただし、導出過程も示すこと。必要があれば次の数値を用いなさい。ファラデー定数： $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

(5) 下線部(E)の触媒作用により、“活性化エネルギー”、“反応速度”、“反応熱”はそれぞれどのように変化するか。以下の選択肢①～③のうちから選び、記号で答えなさい。なお、同じ選択肢を複数使用してもよい。

【選択肢】 ① 大きくなる ② 小さくなる ③ 変わらない

〔Ⅱ〕 下記の問いに答えなさい。

- (1) 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。ただし、原子量は、 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。

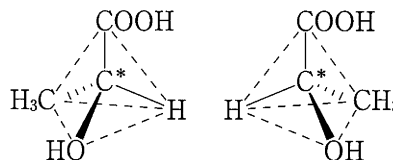
化合物 **A** は、分子量 359 で不斉炭素原子を持つ。(A)化合物 **A** を、水酸化ナトリウム水溶液に加えて加水分解したのち、この反応液にジエチルエーテルを加えてふり混ぜ、有機層を分離したところ、有機層から分子量 108 の一置換ベンゼンである化合物 **B** が得られた。また、残った水層に塩酸を加えて酸性にし、再びジエチルエーテルを加えてふり混ぜ、有機層を分離したところ、有機層から不斉炭素原子を持つ化合物 **C** が得られた。化合物 **B**, **C** は等しい物質質量で得られた。

さらに化合物 **C** を、水酸化ナトリウム水溶液に加えて加熱しつつ長時間、加水分解したのち、塩酸を加えて酸性にし、ジエチルエーテルを加えてふり混ぜ、有機層を分離したところ、有機層から化合物 **D** が得られた。また、化合物 **E** は水層に溶解していた。化合物 **D**, **E** は等しい物質質量で得られた。化合物 **D** は分子量 136 のパラ二置換ベンゼンである。化合物 **E** は、不斉炭素原子を持つ一置換ベンゼンである。

- (ア) 化合物 **A** ~ **E** の構造式を書きなさい。不斉炭素原子をもつ化合物については、その不斉炭素原子を * 印を付けて示しなさい。

- (イ) 化合物 **E** は、不斉炭素原子を持つことから、1 組の鏡像異性体(光学異性体)が存在する。それらの異性体を例にならって書きなさい。

(例) 乳酸



- (ウ) 化合物 **B** と **C** が、下線部 (A) に示される実験操作で分離される理由を説明しなさい。

(2) エステルの反応について以下の問いに答えなさい。

(ア) 酢酸とエタノールに濃硫酸を加えて加熱すると、酢酸エチルが得られる。この反応の化学反応式を書きなさい。また、この反応における濃硫酸の役割を説明しなさい。

(イ) エステルの酸触媒を用いた加水分解反応は可逆反応であるが、強塩基を用いたエステルの加水分解反応は不可逆反応となる。不可逆反応となる理由を説明しなさい。

- 〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Ca = 40.0$ とする。また、気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とし、気体は理想気体として扱ってよい。

炭素 C と水素 H からなる重合度 $n = 2500$ の高分子 $(C_xH_y)_n$ を酸素存在下で (A) 完全燃焼 させた。その後、適当な方法で残った酸素を除去したのち、発生した 2 種類の気体をすべて 1.00 L 容器中に集め、温度を 127°C にすると、圧力は $4.15 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。次に (B) この気体を水酸化カルシウム水溶液に通じると、2 種類の気体のうち一方はすべて反応して沈殿し、この沈殿物を強熱すると白色固体が得られた。 この白色固体を水に溶かし、1.00 L の水溶液を作成した。この溶液 10.0 mL を 0.0500 mol/L 塩酸で中和滴定したところ 33.3 mL 要した。

- (1) 下線部 (A) の燃焼の化学反応式を x , y , n を使って示しなさい。
- (2) この高分子中に含まれる炭素 C と水素 H の比 $x:y$ を最も簡単な整数で示しなさい。ただし、計算過程も示すこと。
- (3) この高分子の平均分子量は 2.60×10^5 である。その単量体の名称と構造式を書きなさい。
- (4) 下線部 (B) の一連の変化を化学反応式で表しなさい。
- (5) 下線部 (B) について、水酸化カルシウム水溶液の代わりにアンモニアを十分に吸収させた塩化ナトリウム飽和水溶液を用いて同様の操作を行ったときの変化を、化学反応式で示しなさい。
- (6) 炭素 C と水素 H の比は元素分析によっても決定することができる。そのときの実験手順について、図を用いて説明しなさい。