

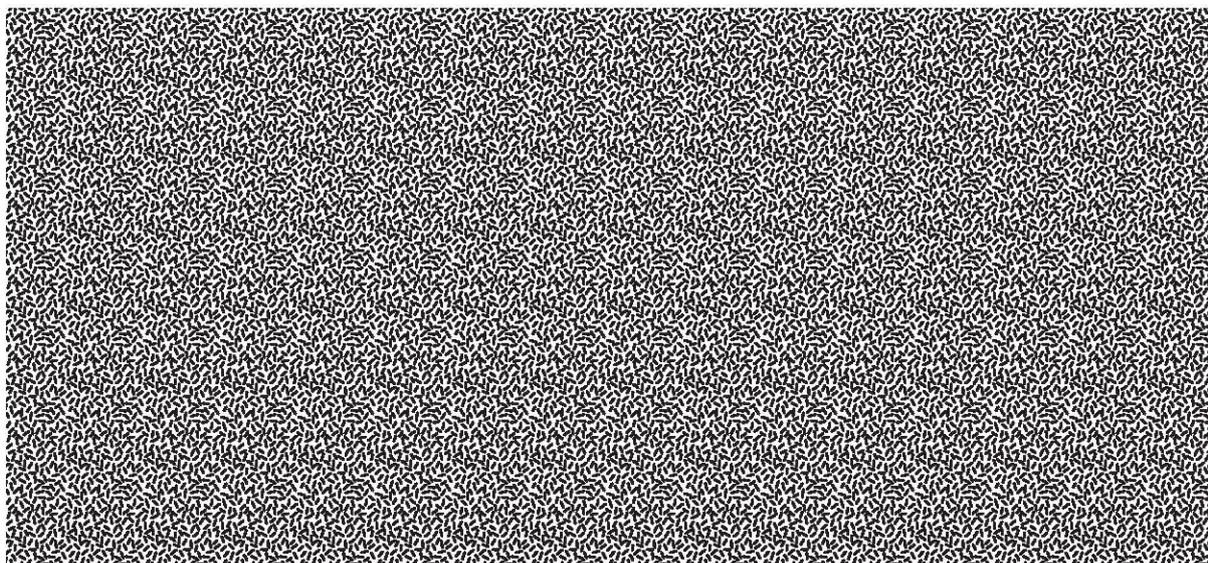
2025—(A)

▲化学問題

13:00~14:15 (75分)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、問題を見てはいけません。
2. 化学の試験用紙は、問題用紙1部(12ページ)、記述式解答用紙(1)1枚、記述式解答用紙(2)1枚、記述式解答用紙(3)1枚から構成されています。過不足があれば監督者に申し出てください。
なお、記述式解答用紙はセットになっています。監督者の指示に従って、解答用紙を破ったりしないよう注意して、ミシン目に沿って1枚ずつ切り離してください。
3. 試験中に試験用紙の印刷の不鮮明、ページの欠落、乱れおよび解答用紙の汚れなどに気づいた場合は、監督者に申し出てください。
4. 監督者の指示に従って、記述式解答用紙(3枚)の受験番号の記入欄に受験番号をそれぞれ**2カ所(計6カ所)**記入してください。また、氏名欄に氏名をそれぞれ**1カ所(計3カ所)**記入してください。
5. 解答はすべて**HBの黒鉛筆**または**HBで0.5mm以上の芯のシャープペンシル**で記入してください。
6. 解答用紙は丁寧に取り扱いってください。
7. 解答は、解答用紙の問題番号を十分に確認のうえ、解答用紙の各問指定の枠内に記入してください。解答用紙の裏面にはいっさい記入してはいけません。下書きなどには問題用紙の余白を利用してください。
8. 解答中以外の解答用紙は必ず裏返しに置いてください。
9. 受験中は不審な行動をとってはいけません。不正行為があれば当該年度の全入学試験を無効とします。
10. 試験時間の途中で退場することはできません。
ただし、気分が悪いなど身体の調子が悪くなった場合は、手を挙げて監督者に申し出てください。
11. 試験終了の合図と同時に解答をやめてください。
12. 問題用紙は試験終了後、持ち帰ってください。



解答はすべて別紙の解答用紙に記入しなさい

[I] 以下の文を読み、問に答えよ。なお、原子量は H : 1.0, C : 12.0, O : 16.0, Na : 23.0, Cl : 35.5 とし、気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

水は生命活動に欠かせないきわめて重要な物質である。水分子は2つの水素原子が1つの酸素原子と [ア] 結合により結びついた折れ線形の構造をとり、^(a)極性を持つ。安定に存在する水素の [イ] は ^1H , ^2H の2種類であり、それぞれ H, D ととも表記する。一方、酸素の安定な [イ] は ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O の3種類である。これらの安定な [イ] を考慮すると、水分子は理論上、 [ウ] 種類存在することになる。 D_2O は H_2O と比べて、融点が高い、密度が大きい、^(b)電離度が小さいなど、多くの性質が異なる。

水は常温・常圧で液体として存在する。水分子は互いに [エ] 結合しており、そのため水は分子量から予想される沸点よりはるかに高い沸点を示す。この [エ] 結合は沸点の他にも、水が示す様々な特異的性質の原因となっている。例えば、固体状態の水である氷では1個の水分子のまわりに [オ] 個の水分子が [エ] 結合によって引きつけられ、すき間の多い正四面体構造をとるように配列する。そのため、他のほとんどの物質と違って、水は固体の方が液体より密度が [カ]。

水は塩化ナトリウムや塩化水素などの [キ]、およびエタノールやグルコースなどの親水基を持った非 [キ] をよく溶かす。また、^(c)エタノールや酢酸などの液体とは任意の割合で混ざり合う。希薄な水溶液の性質には、溶質の種類に関係なく溶質の濃度のみで決まるものがある。このような性質を束一的性質という。束一的性質を持つ現象の例として^(d)蒸気圧降下、凝固点降下、浸透圧などがよく知られている。

水は資源としても非常に重要である。地球上にはおよそ 14 億 km^3 の水があるといわれているが、その大部分は海水であり、淡水は2.5%程度しか存在しない。それに加えて、地球温暖化などによる気候変動や人口増加の影響により、水不足に直面する地域が増えている。砂漠地帯や雨水が溜まりにくい島国ではとくにその問題は深刻で、海水の淡水化が盛んに行われている。海水の淡水化技術には蒸発法や^(e)逆浸透法があり、飲料水に適した安全な水を得ることができる。

問1. 空欄 [ア] ~ [キ] に適切な語句または数字を記せ。ただし、[カ] には「大きい」または「小さい」のいずれかを入れよ。

問2. 下線部 (a) について、次の①~⑤から極性分子をすべて選び、番号で答えよ。

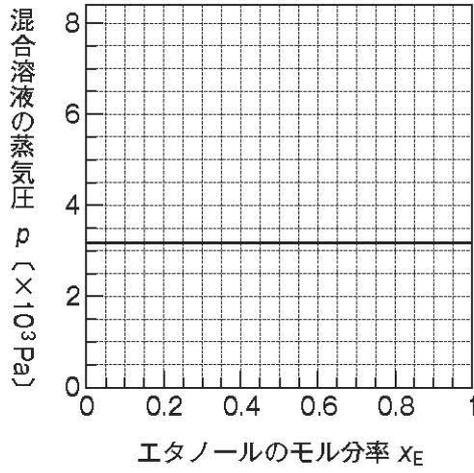
- ① 一酸化窒素 NO ② 塩素 Cl_2 ③ 二酸化炭素 CO_2 ④ アンモニア NH_3
⑤ メタン CH_4

問3. 下線部 (b) について, 25℃における D_2O の電離度は H_2O の電離度の何倍か. 有効数字2桁で求めよ. ただし, この温度での H_2O のイオン積を $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, 密度を 1.0 g/cm^3 , D_2O のイオン積を $1.6 \times 10^{-15} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, 密度を 1.1 g/cm^3 とする. また, H_2O , D_2O のモル質量をそれぞれ 18.0 g/mol , 20.0 g/mol とする.

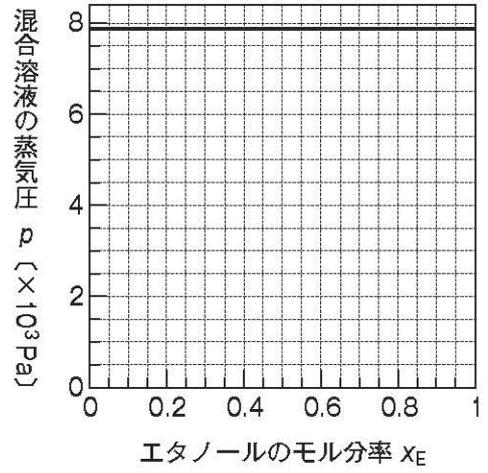
問4. 下線部 (c) について, 水 H_2O とエタノール C_2H_5OH の混合溶液を考える. 以下の問に答えよ.

- (1) 純粋な水の蒸気圧を p_W^* , 純粋なエタノールの蒸気圧を p_E^* , 混合溶液中の水およびエタノールのモル分率をそれぞれ x_W , x_E とする. ここで, 水の物質量を n_W , エタノールの物質量を n_E とすると, $x_W = \frac{n_W}{n_W + n_E}$, $x_E = \frac{n_E}{n_W + n_E}$ である. 水どうし, エタノールどうし, 水とエタノールの間に働く分子間力がすべて同じであると仮定した場合 (これを理想溶液という), ラウールの法則によると混合溶液中の水およびエタノールの蒸気圧 p_W , p_E はそれぞれのモル分率に比例し, $p_W = x_W p_W^*$, $p_E = x_E p_E^*$ と表される. いま, ある温度で $p_W^* = 3.2 \times 10^3 \text{ Pa}$, $p_E^* = 7.9 \times 10^3 \text{ Pa}$ とするとき, 理想的な混合溶液の蒸気圧 p ($p = p_W + p_E$) と x_E の関係を表すグラフとして最も適切なものを次の①~⑥から選び, 番号で答えよ.

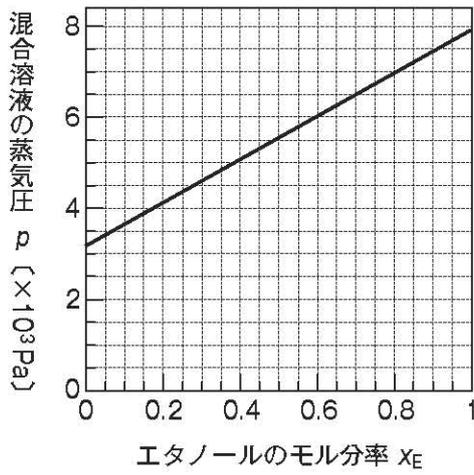
①



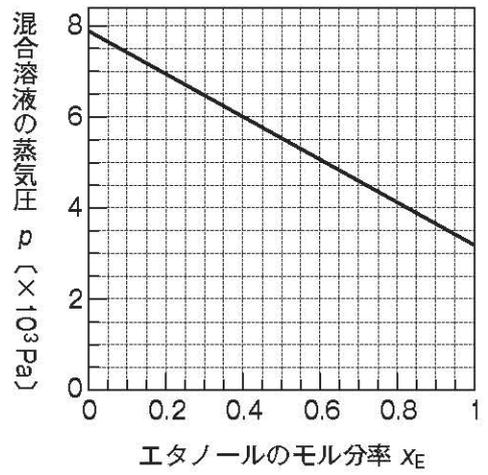
②



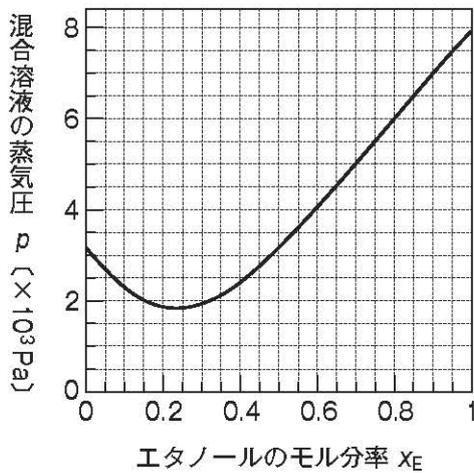
③



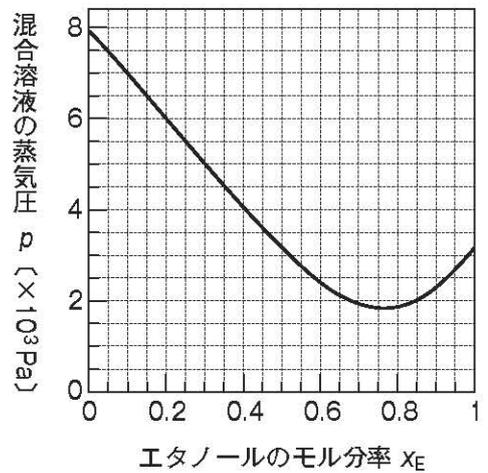
④



⑤



⑥



- (2) (1)と同じ温度における実際の水／エタノール混合溶液の蒸気圧 p と x_E の関係は図1のようになる。質量パーセントで30%のエタノールを含む水／エタノール混合溶液の蒸気圧は、ラウールの法則に従う理想溶液の蒸気圧の何倍になるか。図1のグラフから必要な数値を読み取り、有効数字2桁で求めよ。計算過程も記すこと。

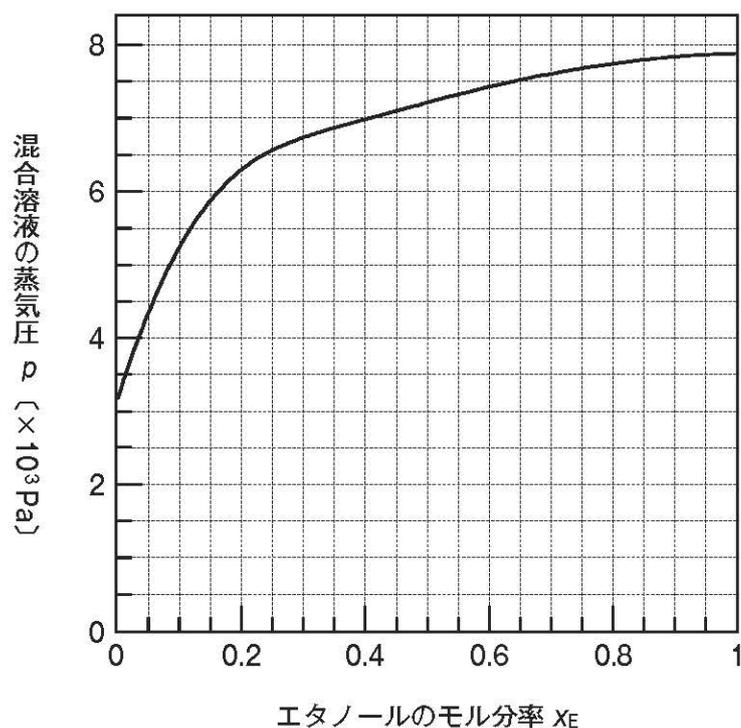


図1

- (3) 図1のデータから、水とエタノールの分子間力についてどのようなことが推測されるか。次の①～③から最も適切なものを選び、番号で答えよ。
- ① 水とエタノールの上に働く分子間力は、水どうし、エタノールどうしに働く分子間力より強い。
 - ② 水とエタノールの上に働く分子間力は、水どうし、エタノールどうしに働く分子間力より弱い。
 - ③ 水とエタノールの上に働く分子間力は、水どうし、エタノールどうしに働く分子間力と同じである。

問5. 下線部 (d) について, 次のA~Dの記述は蒸気圧降下, 凝固点降下, 浸透圧のうち, いずれの束一的性質と最も関係が深いかを答えよ. いずれとも関係ない場合は「関係なし」と記せ.

- A. 野菜に塩をかけると水分が出る.
- B. 富士山の山頂では約 87°C で水が沸騰する.
- C. 道路に凍結防止剤として塩化カルシウムをまく.
- D. 海水に濡れた服は, 真水に濡れた服より乾きにくい.

問6. 下線部 (e) について, 海水を質量パーセント濃度 2.34% の塩化ナトリウム水溶液として考える. この海水の密度を 1.0 g/cm^3 とし, 塩化ナトリウムは完全に電離しているとする. 27°C において, 図2のように左右対称なU字管の中央部を水分子しか通さない半透膜で仕切り, 半透膜の左側に純水 (密度を 1.0 g/cm^3 とする), 右側に上記の海水を同量入れる. この状態で, 純水側から海水側への水の移動が起こらないようにするためには, ある圧力 P_0 を海水側にかける必要がある. この P_0 より大きな圧力をかけると海水側から純水側に水を移動 (逆浸透) させることができる. ファンツホッフの法則が成り立つものとして, 海水側にかける圧力 P_0 [Pa] を有効数字2桁で求めよ. 計算過程も記すこと.

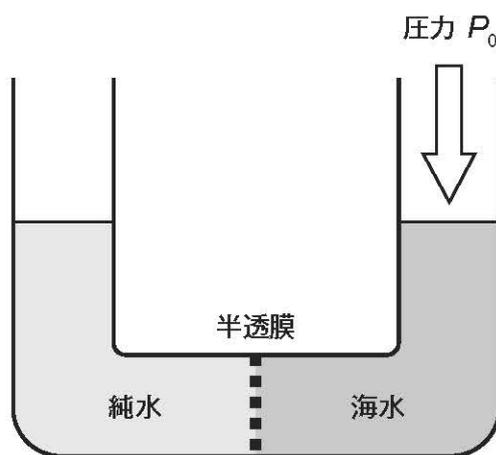


図2

—— このページは白紙です。 ——

〔Ⅱ〕以下の文を読み、問に答えよ。なお、原子量はLi:7.00, C:12.0, O:16.0, S:32.0, Pb:207とし、ファラデー定数は 9.65×10^4 C/molとする。

電池とは、酸化還元反応に伴う エネルギーを エネルギーに変換して取り出す装置である。2種類の異なる金属板を導線でつなぎ、それぞれを電解質溶液に浸すと、イオン化傾向の 金属が電池の負極となって、電池の正極であるイオン化傾向の 金属に電子が移動する。このように外部に電流を取り出す反応を電池の放電という。一方で、外部電源を電池の両極に接続し、先ほどとは逆の方向に電流を流すことで、 エネルギーを エネルギーに変換して戻す操作を電池の充電という。このように充電が可能な電池を二次電池という。

鉛蓄電池は、鉛を用いた150年以上の歴史を持つ二次電池である。鉛は周期表の 族に属する。鉛は _(a) 両性金属であり、電池の電極としてだけでなく、X線を吸収するため、放射線遮蔽用材料としても使用されている。鉛蓄電池では、 極に鉛Pb、 極に酸化鉛PbO₂、電解質溶液に希硫酸が用いられている。放電を続けると起電力が低下するが、外部電源につないで充電すると、起電力は回復する。

問1. 空欄 ~ に適切な語句または数字を記せ。ただし、 および には、「大きい」または「小さい」のいずれかを入れよ。

問2. 下線部 (a) の両性金属とは何かを説明するとともに、鉛以外の代表的な両性金属の例を元素記号で3つ記せ。

問3. 鉛を常温で希硫酸や希塩酸に浸すと鉛の表面にどのような物質が形成されるか、それぞれ化学式で答えよ。

問4. 鉛蓄電池の放電時の正極および負極の変化を電子 e⁻ を含むイオン反応式で示せ。また、このときの正極、負極における鉛の酸化数の変化について記せ。

問5. 鉛蓄電池の放電過程で、希硫酸の濃度はどのように変化するか。「増加する」または「減少する」のいずれかで答えよ。

問6. 鉛蓄電池の放電過程で、3分13秒間、1.0 Aの電流が流れたとき、正極および負極の質量はそれぞれ何 mg 増加もしくは減少するかを有効数字2桁で答えよ。ただし、流れた電流はすべて反応に用いられたものとする。

2019年のノーベル化学賞受賞対象となったリチウムイオン電池は、パソコンやスマートフォン、さらには電気自動車への搭載が進むなど、現代生活の必需品である。リチウムは、^(b)1族元素であり、1個の最外殻電子を有する。原子がイオンになるときや、他の原子と結びつくときに重要な働きをする電子を「ク」と呼び、1族元素では最外殻電子が「ク」として働く。^(c)金属リチウムは水と反応するため、リチウムイオン電池の電解質溶液には主に有機化合物が用いられる。

この電池では、負極に炭素の「ケ」である黒鉛が用いられている。炭素の「ケ」としては、他にダイヤモンドなども知られている。黒鉛では、各炭素原子は隣り合った「コ」個の炭素原子と共有結合でつながって正六角形の網目状の平面構造を形成し、隣り合ったこの平面層が、弱い「サ」力によって重なった層状構造をとる。なお、このような「サ」力により、ドライアイスでは二酸化炭素分子が規則正しく配列している。

リチウムイオン電池の正極には、リチウム金属酸化物、例えば、 LiCoO_2 が用いられている。充電時には、正極の LiCoO_2 からリチウムイオンが抜け、^(d)負極の黒鉛にリチウムイオンが挿入されて炭素とリチウムから成る化合物が形成される。また、放電時には、負極では炭素とリチウムの化合物がリチウムイオンを放出して黒鉛に戻り、正極では LiCoO_2 へと戻る反応が起こり、外部回路に電流が流れる。

問7. 空欄「ク」～「サ」に適切な語句または数字を記せ。

問8. 下線部(b)について、水素を除く1族元素の総称を答えよ。

問9. 下線部(c)の化学反応式を示せ。

問10. 問8で答えた元素群について、それらを含む試料を炎の中に入れると各元素に特有の色を示す。この現象を何と呼ぶか答えよ。また、リチウムの場合、何色が観測されるか答えよ。

問11. 下線部(d)のようにリチウムイオン電池では、充電時に負極で下記の反応が起きる。

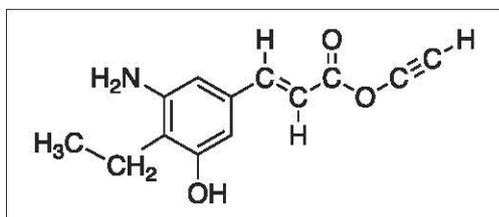


いま、 $x = 1$ とし、充電時に負極にて C_6Li が158 mg生成したとする。この充電された電池の放電時に上記の反応の逆反応が完全に進行する場合、50 mAの一定の電流で何秒間放電することができるか、有効数字2桁で答えよ。ただし、流れる電流はすべて上記の反応の逆反応により生じるものとする。

問12. 代表的な二次電池である鉛蓄電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池の3つを比較し、起電力の大きい電池から順に記せ。

〔Ⅲ〕以下の問に答えよ。構造式は記入例にならって示せ。なお、原子量はH：1.0，C：12，O：16，K：39，I：127とする。

構造式の記入例：



問1. 以下の文を読み、空欄 ～ に適切な語句または数字を記せ。

カルボニル化合物はカルボニル基をもつ化合物である。カルボニル基の炭素原子に2個の炭化水素基が結合した化合物を という。この は、第 級アルコールを酸化して得られる。例えば、2-プロパノールを酸化することにより をつくることができる。この は、クメン法においても と同時に生成する。また、カルボニル基の炭素原子に1個の水素原子が結合した官能基をホルミル基といい、ホルミル基をもつ化合物を という。 は同じ炭素数の と 異性体の関係にある。この は、第 級アルコールを酸化して得られる。さらに酸化されて になりやすい。例えば、メタノールを酸化すると が得られる。 はさらに酸化されることにより分子式が CH_2O_2 で表される を生じる。 のうち、分子内の 基の数が2個のものを という。 は工業的に生産されている であり、代表的なポリアミドであるナイロン66の合成に使われる。ナイロン66が 重合により合成されるのに対して、ポリアミドであるナイロン6はカプロラクタムの 重合により合成される。

問2. 化合物 **A** は、不斉炭素原子を有する分子式が $\text{C}_{10}\text{H}_{14}$ の芳香族化合物である。この化合物 **A** を268 mg 量りとして完全燃焼させた。化合物 **A** の構造式を示し、二酸化炭素の生成量 [mg] を記せ。

問3. 化合物 **B**～**D** は同じ炭素数をもつ炭化水素であり、同じ数の不飽和結合をもつ。化合物 **B** と **C** は分子式が C_6H_{10} である。化合物 **B** の不飽和結合の両端には同一のアルキル基が結合している。化合物 **C** は六員環の化合物である。化合物 **B** と **D** に白金触媒を用いて水素を付加させると、化合物 **B** は化合物 **D** の2倍量の水素と反応した。このとき化合物 **B** と **D** からは同じ生成物が得られた。なお、化合物 **B** と **D** には、シス-トランス異性体（幾何異性体）は存在しない。化合物 **B**～**D** の構造式を示せ。

問4. 油脂Eのけん化価は186であり、ヨウ素価は254であった。油脂Eの構成脂肪酸1分子あたり、平均して何個のC=C結合が存在するか、有効数字2桁で記せ。

問5. 分子式 C_5H_{12} で表される化合物のうち、沸点が最も高い化合物の構造式を示せ。

—— このページは白紙です。 ——