

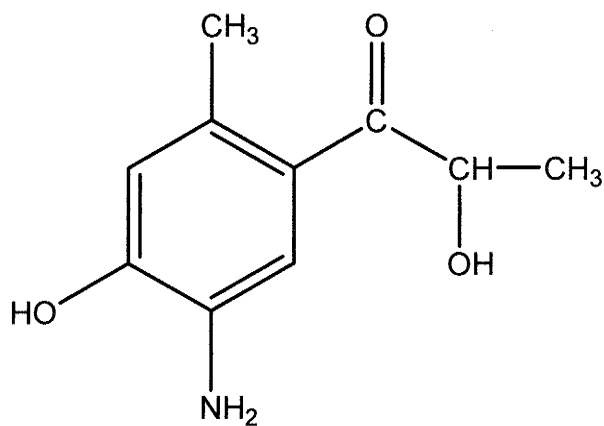
化学

「解答上の注意」

各問の解答は、解答用紙の指定されたところに記入せよ。

指定のない限り、原子量には、H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, I = 127 を用いよ。

構造式は、指定のない限り、下記の例にならって記せ。



例

第1問

問1 互いに反応しない2種類の気体Aと気体Bを混合したとき、AとBそれぞれの(あ)と混合気体の全圧との積から求まる分圧は、AとBそれぞれのモル濃度に比例する。一方、Aのモル濃度を a 倍、Bのモル濃度を b 倍にすると、Aを構成する粒子 α とBを構成する粒子 β との単位時間あたりの衝突回数は(い)倍になる。このため、分圧が大きくなると粒子の衝突回数が増加する。

ここでは簡単なモデルとしてAを構成する球形の α どうしの衝突回数を考える。 α の直径と平均速度をそれぞれ d [m] と v [m/s] とし、 1 m^3 の体積中に含まれる α の個数を n_α とすると、①1個の α が1秒間に他の α と衝突する回数 Z は以下の式で表すことができる。

$$Z = \sqrt{2} \pi d^2 v n_\alpha$$

ここで、 π は円周率である。

次に、 α の平均速度 v について考える。 α が気体分子の場合、個々の分子が運動する速度は速いものから遅いものまで存在し、②温度によって異なる速さの分布を示す。また、分子の数の割合が最大となる速さ v_m は、平均速度 v と異なり、その関係を以下の式で表すことができる。

$$v = \frac{2}{\sqrt{\pi}} v_m$$

すなわち、 v_m の値がわかれば v が求まり、 v の値は v_m の値よりも常に(う)。さらに v_m は気体の温度 T [K] と分子のモル質量 M [g/mol] を使って次式のように表すことができる。

$$v_m = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

ここで、 R は気体定数である。この式から、ある温度における水素の v_m は、同じ温度における酸素の v_m よりも (え) 倍速いことがわかる。また、③モル質量が異なる気体で v_m を等しくするためには適切な温度を定める必要がある。

このように単位時間あたりの分子の衝突回数は、気体のモル濃度だけでなく、温度、分子のサイズ、そして分子のモル質量も関係する。

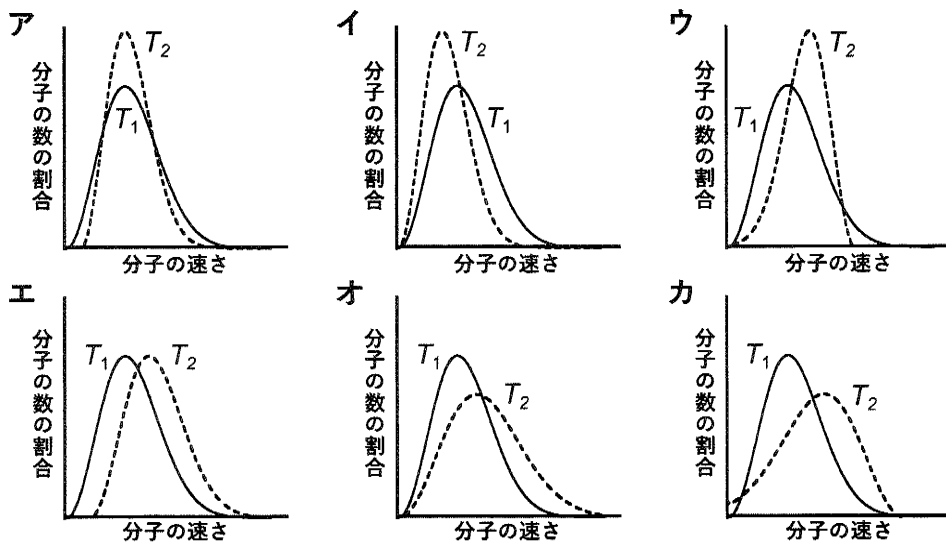
(1) (あ), (う), (え) にあてはまる語句や数値として適切なものを、次のア～ケのうちから1つずつ選び、記号で記せ。

ア	2	イ	4	ウ	8
エ	16	オ	小さい	カ	大きい
キ	モル分率	ク	相対質量	ケ	平均分子量

(2) (い) に入る適切な式を a と b を用いて記せ。

(3) 下線部①について、半径 1.00×10^{-10} m の α が平均速度 2.00×10^3 m/s で運動するとき、1個の α が1秒間に他の α と衝突する回数は何回か。有効数字3桁で答えよ。ここでは 1.00 mol の気体が 20.0 L の空間を占めることとし、アボガドロ数を 6.02×10^{23} 、 $\sqrt{2}\pi = 4.44$ とする。

- (4) 下線部②について、次の図はある分子の速度の分布を示している。温度 T_1 における分布が実線で、 T_1 より高温の温度 T_2 における分布が点線でそれぞれ示されている。このとき、 T_2 の分布が最も適切に示されている図はどれか。ア～カから1つ選び、記号で記せ。

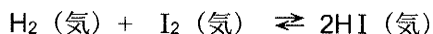


- (5) 下線部③について、50.0 K の水素が示す v_m と同じ v_m の値を酸素が示すとき、酸素の温度は何 K か。有効数字3桁で答えよ。

問2 化学反応が起こるとき、反応する粒子どうしが衝突する必要があることから、粒子間の衝突回数は化学反応と密接に関係する。ただし、反応する粒子どうしが衝突するのみでは化学反応が進まず、衝突した粒子間でエネルギーの高い不安定な状態を形成する必要がある。このエネルギーの高い不安定な状態を（ あ ）状態という。反応が進むためには（ あ ）状態を超える必要がある。

(1) (あ)に入る適切な語句を記せ。

(2) 以下に示す可逆反応を考える。



密閉容器に H_2 と I_2 を入れた後、ある温度に保ち平衡状態になるまで静置した。このとき、 H_2 、 I_2 、および HI のモル濃度はそれぞれ 1.2 mol/L 、 1.2 mol/L 、 8.4 mol/L であった。この温度での平衡定数を有効数字2桁で答えよ。ただし、容器の体積変化はなく、容器内の気体と容器との間で化学反応は起こらないものとする。

(3) 設問(2)と同じ温度で 5.0 L の容器に H_2 、 I_2 、 HI をそれぞれ 0.50 mol 、 0.50 mol 、 8.0 mol 入れて密閉し、平衡状態になるまで静置した。平衡状態に到達した後の容器内の H_2 、および HI それぞれの物質量を有効数字2桁で答えよ。ただし、容器の体積変化はなく、容器内の気体と容器との間で化学反応は起こらないものとする。

第2問

表1は地殻の元素の割合について多いものから順にその質量パーセントの値を表している。また、図1はこの元素の割合を円グラフで表している。

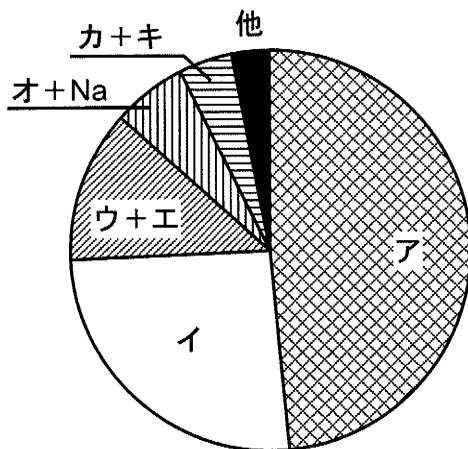


表1 地殻の元素の割合

順位	元素	割合 (質量%)
1	ア	48.5
2	イ	25.8
3	ウ	7.56
4	エ	4.70
5	オ	3.39
6	Na	2.63
7	カ	2.40
8	キ	1.93

図1 地殻の元素の割合 (円グラフ)

- 問1** 元素アは、化合物中で共有電子対を引き付ける強さの尺度がFに次いで大きく、陽性が強い元素と結びついて地殻中で化合物として存在している。元素アの名称および、下線部が示す語句を記せ。
- 問2** 元素イは、乾燥剤の成分に含まれている。この元素を元素記号で記せ。
- 問3** 元素ウと元素エはどちらも金属元素であり、飲料缶に用いられている。このうち元素ウは熔融塩電解により単体が製造される。元素ウと元素エをそれぞれ元素記号で記せ。
- 問4** 元素ウと元素エの単体は濃硝酸中に浸すと不動態が形成され、それ以上反応しない。このとき表面に生成する物質の特徴について10文字程度で記せ。

問5 地殻と同様に人体に含まれる元素の質量割合について考える。人体に P は 1.0 質量%含まれている。人体中に P より多く含まれる主要な構成元素は元素**オ**を含め5つである。

(1) 元素**オ**は金属元素である。この元素を元素記号で記せ。

(2) 人体中に P より多く含まれる主要な構成元素のうち、Na および元素**ア**～元素**オ**に含まれない元素3つの名称を記せ。記述する順序は問わない。

(3) 元素**カ**は P とともに肥料の三要素の1つである。この元素を元素記号で記せ。

問6 元素**ウ**に元素**キ**や Cu, Mn などを加えた合金はジュラルミンとよばれ、航空機材料などに用いられる。元素**キ**を元素記号で記せ。

問7 Na および元素**ア**～元素**キ**のうち、遷移元素であるものをすべて選び元素記号で記せ。ない場合は「なし」と記せ。記述する順序は問わない。

問8 Na および元素**ア**～元素**キ**のうち、同族元素の組み合わせを次の例に従ってすべて記せ。ない場合は「なし」と記せ。

例) 含まれる元素が2つの場合「He-Ne」、3つの場合「He-Ne-Ar」、以下同様。元素の順序、組み合わせ間の順序は問わない。

問9 Na は海水中にイオンとして存在する。水 1.0 L に $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (式量 286) を加え、 Na^+ 濃度が海水と同じ 0.50 mol/L の水溶液を調製した。加えた $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の質量は何 g か。有効数字2桁で答えよ。ただし Na はイオンとして完全に電離しており、水と得られた水溶液の密度はそれぞれ 1.0 g/cm³ と 1.01 g/cm³ である。また、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の風解による組成変化はないものとする。

第3問

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。なお、構造式は「解答上の注意」の例にならって記せ。

感染症などの原因となる病原菌を死滅させ、病気を根本的に治す原因療法のために用いる医薬品を化学療法薬とよび、病気の症状を緩和するために用いる医薬品を（あ）とよぶ。これら医薬品には病気を治療する主作用がある一方で、意図しない（い）を示す場合がある。（あ）の例として、西洋ヤナギの樹皮に含まれる化合物Aから有機合成により開発された化合物Bが有名である。化合物Aは解熱作用を示すが、服用時に胃壁を荒らす（い）が問題となっていた。化合物Aを硫酸酸性条件で無水酢酸と反応させてアセチル化することで、（い）の少ない化合物Bが開発された。一方、①化合物Aを硫酸酸性条件でメタノールと反応させると、消炎鎮痛作用のある化合物Cを生じる。

現在では、*p*-ニトロフェノールを還元してアセチル化することにより得られるアセトアミノフェンDや②化合物Eなども解熱鎮痛剤として使用される。

問1 （あ）、（い）に適切な語句を記せ。

問2 A, B, C, Dの構造式を記せ。

問3 下線部①について、反応の名称を記せ。

問4 A, B, C を含むジエチルエーテル溶液の中から C だけを抽出したい。加える水溶液の溶質として適切なものはどれか。次のア～オの中から1つ選び、記号で記せ。

ア 炭酸水素ナトリウム

イ 炭酸ナトリウム

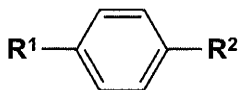
ウ 塩化ナトリウム

エ 水酸化ナトリウム

オ 塩化水素

問5 A, B, C, D に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、1つの化合物が呈色しなかった。A～Dの中から1つ選び、記号で記せ。また、呈色しなかった理由を20字以内で記せ。

問6 下線部②について、化合物 E は分子式 $C_{13}H_{18}O_2$ で表される芳香族化合物で、1つの不斉炭素原子をもつ。2つの置換基 R^1 と R^2 がベンゼンの1, 4位に結合している。置換基 R^1 は炭素数4の枝分かれ飽和炭化水素基 C_4H_9- であり、この置換基 R^1 には不斉炭素原子はない。また、置換基 R^1 をもつアルコール (R^1-OH) を酸化して得られる化合物は銀鏡反応を示した。化合物 E は、水酸化ナトリウム水溶液に溶ける酸性化合物である。不斉炭素原子には右上に*印をつけ、置換基 R^1 と R^2 の構造式を記せ。



化合物 E

第4問

問1 油脂は、(あ) 1分子と高級脂肪酸3分子からなる化合物であり、様々な用途で利用されている。油脂を構成する脂肪酸には C=C 結合をもつ不飽和脂肪酸と、C=C 結合をもたない飽和脂肪酸がある。一般に脂肪酸の融点は、炭素原子の数が同じ場合、C=C 結合が多いほど (い)。

油脂に水酸化ナトリウムを加えて熱すると、油脂はけん化されて (あ) と脂肪酸のナトリウム塩である (う) が生じる。一定濃度以上の (う) を溶かした水溶液に横から強い光を当てるとその光の通路が明るく見える。 (う) の水溶液は (え) を示すため、(お) を主成分とする動物繊維の洗濯には適していない。油脂 1 mol を完全にけん化するためには、水酸化ナトリウムや水酸化カリウムのような1価の強塩基が 3 mol 必要である。

(1) (あ), (う) にあてはまる適切な語句を記せ。

(2) (い), (え), (お) にあてはまる語句として適切なものを、次のア～クから1つずつ選び、記号で記せ。

ア 高い	イ 低い	ウ 中性
エ 弱塩基性	オ 弱酸性	カ 油脂
キ 糖類	ク タンパク質	

(3) 下線部について、この現象の名称を記せ。

(4) 単一の分子からなる油脂 A がある。0.913 g の油脂 A を完全にけん化するためには、0.132 g の水酸化ナトリウムが必要であった。けん化後の反応液を酸性にして、ジエチルエーテルで抽出を行ったところ、得られた脂肪酸はパルミチン酸 $C_{16}H_{31}COOH$ (分子量 256) とリノール酸 $C_{17}H_{31}COOH$ (分子量 280) のみであった。

a) 油脂 A の分子量を整数で答えよ。

b) 十分な量のヨウ素を用いて完全に反応させたとき、4.15 g の油脂 A に付加するヨウ素は何 g か。有効数字 3 桁で答えよ。

問2 糖類のうちグルコースのように、それ以上加水分解されない糖を単糖類という。スクロースのように、1分子の糖から加水分解により2分子の単糖類が生じるものを①二糖類という。水溶液中でグルコースは、2種類の環状構造と②1種類の鎖状構造の合計3つの異性体の平衡状態として存在する。酵母菌は、酵素の働きによってグルコースをエタノールと二酸化炭素に分解する。この反応は③アルコール発酵とよばれ、酸素を必要とせず、呼吸と比べてエネルギー生産の効率が悪い。

セルロースとデンプンは、グルコースからなる多糖類である。植物の細胞壁の主成分であるセルロースは、(あ)のグルコースが(い)位と(う)位のヒドロキシ基で脱水縮合してできた高分子化合物である。デンプンは、植物の種子や根、地下茎などに存在する高分子化合物であり、デンプンのなかでも直鎖状のものは(え)とよばれ、部分的に枝分かれ構造をもつものは、(お)とよばれる。

(1) 下線部①について、次の二糖類ア～エのうち、加水分解するとグルコース以外の単糖類ができるものをすべて選び、記号で記せ。ない場合は「なし」と記せ。

ア スクロース イ セロビオース ウ マルトース
エ ラクトース

(2) 下線部②について、鎖状構造のグルコースがもつ不斉炭素原子の数を記せ。

(3) (あ), (い), (う) にあてはまる語句と数字について、適切な組み合わせを次のア～クの中から1つ選び、記号で記せ。

ア	あ： α 型	い：1	う：4
イ	あ： α 型	い：1	う：6
ウ	あ： α 型	い：2	う：4
エ	あ： α 型	い：2	う：6
オ	あ： β 型	い：1	う：4
カ	あ： β 型	い：1	う：6
キ	あ： β 型	い：2	う：4
ク	あ： β 型	い：2	う：6

(4) (え), (お) にあてはまる適切な語句を記せ。

(5) 下線部③について、アルコール発酵における反応熱は、グルコース 1 mol あたり何 kJ か。発熱の場合は+、吸熱の場合は-の符号をつけて整数で答えよ。ただし、グルコースとエタノール（液体）の燃焼熱は、それぞれ 2807 kJ/mol と 1368 kJ/mol であり、アルコール発酵の化学反応は完全に進行するものとする。