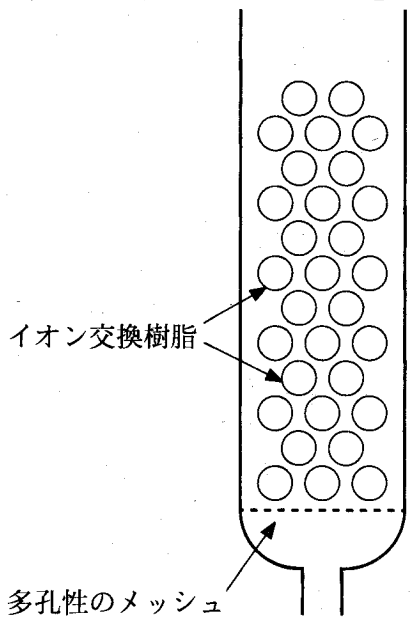


1 次の文章〔1〕,〔2〕を読み,下の問い(問1~6)に答えなさい。

〔1〕 タンパク質は,アミノ酸と同様に水溶液中で酸とも塩基とも反応する物質であり,個々のタンパク質はそれぞれ固有の分子中の正負の電荷が等しくなるpH,すなわち等電点をもっている。このようなタンパク質の化学的性質は,そのタンパク質を構成するアミノ酸の側鎖の性質によって影響を受ける。たとえば側鎖にカルボキシル基をもつアスパラギン酸や **ア** はタンパク質の等電点を酸性側に傾け,アミノ基をもつ **イ** やグアニジノ基をもつアルギニンは塩基性側に傾ける。

いま, インベルターゼを含む多種類の酵素タンパク質を溶解した pH 6.0 の低塩濃度の緩衝溶液について,以下のような実験を行った。

-CH<sub>2</sub>COOH(カルボキシメチル基)をもつイオン交換樹脂を図のように長円筒の管内に詰める。ここに pH 6.0 の低塩濃度の緩衝液を管の上からそそぐと,カルボキシメチル基は電離平衡の状態になる。ここにさらに上記のタンパク質溶解液をそそぐと, pH 6.0 より高い等電点をもつタンパク質は **ウ** の総電荷をもっているので,樹脂に結合する。逆に等電点が pH 6.0 より低いタンパク質は樹脂に結合せず, 管を通過する。



問 1 ア ~ ウ に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部①の状態を化学反応式でかきなさい。

問 3 イオン交換樹脂に結合したタンパク質を、できるだけ酵素活性を保ったまま溶出するにはどのような方法が考えられるか、かきなさい。

〔2〕 下線部Aで記した液をA液、下線部Bで通過した液をB液、問3で溶出した液をC液とする。B液とC液中のタンパク質の量を測定したところ、それぞれ総量で1.0 g、4.0 gであった。

次にスクロースを溶解した適当な緩衝液を3本の試験管に十分な量とりわけた。ここにA液、B液、C液をそれぞれタンパク質量で1.0 mg 相当量加え、混合後 15 分間、30 °Cで保温した。

問 4 インベルターゼはスクロースを基質とした化学反応の触媒である。その反応生成物の名称をかきなさい。

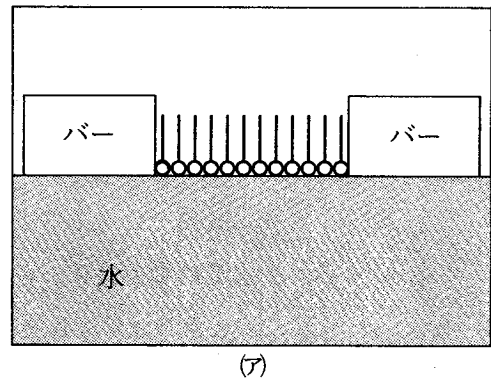
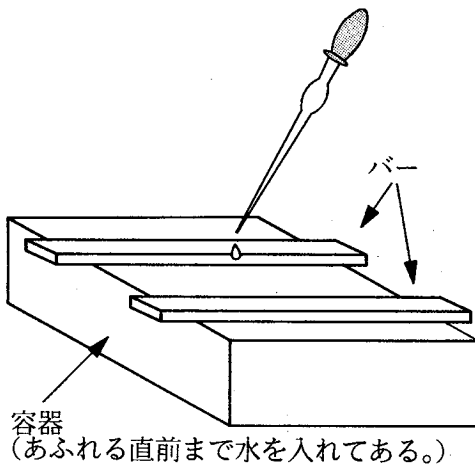
問 5 保温後の下線Dの液中において、問4の反応生成物を特異的に検出するためにはどのような反応を利用するのが適当であるか。その反応の名称と理由をかきなさい。

問 6 A液、B液、C液に含まれるインベルターゼの活性を測定したところ、それぞれの値はタンパク質 1.0 mg あたり 1.0, 3.5, 0.1 であった。このときB液は、A液とくらべ、インベルターゼは何倍に濃縮されているか。またB液における酵素活性の回収率は何%か。それぞれ求めなさい。ただし、B液とC液に分離したときのタンパク質の回収率は100%とする。

2 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

分子の大きさは非常に小さいが、比較的簡単な実験によって、およその大きさを知ることができる。a～eは、オレイン酸分子(分子量：282)の大きさを調べるために行った実験の手順を示したものである。

- オレイン酸 1 ml の質量を測定したところ  $W$  g であった。
- オレイン酸 1 ml にエタノールを加え、全量を 500 ml にした。
- b のエタノール溶液  $n$  滴をメスシリンダーに滴下したときの体積は  $V$  ml であった。
- 図の装置を用いて、b のエタノール溶液 1 滴を水面に滴下し、オレイン酸分子が隙間なくならんだ(ア)の状態になるまで二本のバーを接近させた。このとき静止させた二本のバーにはさまれた水面部分の面積は  $S$  cm<sup>2</sup> であった。
- 図(ア)の状態において、分子 1 個が水面で占有する面積( $A$  cm<sup>2</sup>)はオレイン酸の分子断面積に近い値となり、膜の厚さはオレイン酸分子の長さ( $L$  cm)に近い値となる。



問1 bのエタノール溶液について、オレイン酸のモル濃度( $X$ )を表す式をかきなさい。

問 2 下線部の操作を行うのに最も適当な実験器具を①～⑤の中から一つ選びなさい。

- ① メスピペット                      ② メスシリンダー                      ③ 三角フラスコ  
④ 注射器                                  ⑤ メスフラスコ

問 3 下の式で表されるYはどのような物理量を表すか。10字以上20字以内でかきなさい。

$$Y = \frac{V}{500n}$$

問 4 eについてAをXの関数として示しなさい。また、LをYの関数として示しなさい。ただし、アボガドロ定数は  $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$  としなさい。

3 次の文章〔1〕,〔2〕を読み,下の問い(問1~6)に答えなさい。

〔1〕 ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を加え,温度があがりすぎないように注意して反応させると **ア** が得られる。化合物 **ア** をフラスコに入れ,スズと塩酸を加え温めながら反応させた。反応終了後,反応液に濃水酸化ナトリウム水溶液を加えて **A** とすると濁った。これを水蒸気蒸留を行い,留出させた。留出液に塩化ナトリウムを加えて **B** して,エーテルで抽出した。エーテルを蒸発させ取り除くと,油状の化合物 **イ** を得た。化合物 **イ** は冷水には溶けにくい,うすい **C** には溶ける。これは **イ** が **D** 物質だからである。

問1 **ア**, **イ** にこの実験で生成する化合物名を記入しなさい。

問2 **A** ~ **D** に該当する語句を以下の解答群の中から選び番号を記入しなさい。なお,同じ記号を複数回もちいてもよい。

【解答群】

- |       |             |            |
|-------|-------------|------------|
| 1. 中性 | 2. 塩基性      | 3. 酸性      |
| 4. 抽出 | 5. 蒸留       | 6. 塩析      |
| 7. 硫酸 | 8. 水酸化ナトリウム | 9. 塩化ナトリウム |

〔2〕〔1〕の文章中の下線部で示した水蒸気蒸留は,沸点の高い液体を低い温度で留出させたいときに用いる蒸留方法で,図1に示す装置を用いて行う。特に熱に不安定な天然物の精製などに広く応用されている。

水と水に不溶な有機化合物を混合した不均一な混合物の全蒸気圧  $p$  は,それぞれが共通する外圧に対して独立に圧力をおよぼすため,有機化合物の蒸気圧を  $p_0$ ,水の蒸気圧を  $p_w$  とするとき(1)式で表される。

$$p = p_0 + p_w \quad (1)$$

したがって、全蒸気圧  $p$  が 1 atm 以上になれば混合物は沸とうするから、100 °C 以下の温度でこの有機化合物を蒸留することができる。このときの有機化合物の物質量(mol)を  $n_o$ 、水の物質量(mol)を  $n_w$  とすれば、留出液中の有機化合物と水の物質量比は(2)式で表すことができる。

$$\frac{n_o}{n_w} = \boxed{\phantom{000000}} \quad (2)$$

さらに、留出液中の有機化合物の質量を  $W_o$ 、水の質量を  $W_w$ 、有機化合物の分子量を  $M_o$ 、水の分子量を  $M_w$  とすれば、この留出液中の質量比は(3)式で表すことができる。

$$\frac{W_o}{W_w} = \boxed{\phantom{000000}} \quad (3)$$

この結果から、有機化合物 1 g あたりに必要な水の質量を求めることができる。水の分子量が小さいことは、有機化合物を蒸留するのに好都合であることがわかる。

問 3 (2)式の右辺を  $p$  と  $p_w$  を用いて表しなさい。

問 4 (3)式の右辺を  $p_o$ 、 $p_w$ 、 $M_o$ 、 $M_w$  を用いて表しなさい。

問 5 例として図 2 にトルエンおよび水それぞれの蒸気圧曲線を示す。これを参考にして、トルエンと水の混合物の蒸気圧曲線を解答用紙のグラフ欄にかきなさい。また、トルエンと水の混合物の沸点を推定しなさい。

問 6 水蒸気蒸留によりトルエン 1 g と一緒に留出する水の質量を求めなさい。  
有効数字 2 けたで求めなさい。計算過程もかきなさい。

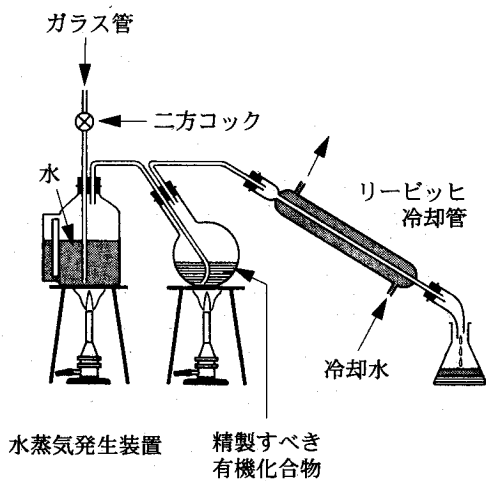


図 1 水蒸気蒸留装置

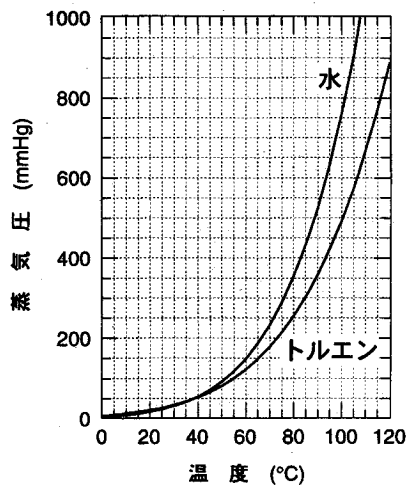


図 2 水とトルエンの蒸気圧曲線

4 次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えなさい。

① 酸化カルシウムは水と反応して水酸化物になり、その水溶液は  性を示した。また、塩酸と反応して塩をつくった。このような酸化物を  性酸化物という。

酸化アルミニウムは、塩酸の水溶液に入れると塩基として反応し、水酸化ナトリウムの水溶液に入れると酸として反応し溶ける。このような酸化物を  性酸化物という。アルミニウム塩の水溶液を通常の方法で電気分解すると、陰極にアルミニウムは析出せずに  が発生する。これは、アルミニウムの  が  にくらべて大きいためである。アルミニウムの単体を得るには、無水の酸化アルミニウムに水晶石  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$  を加えて高温にして電気分解すればよい。この方法を  という。

⑤ リンを空気中で燃やすと酸化物ができる。この酸化物を水に溶かして煮沸すると、水溶液は  性を示した。このような酸化物を  性酸化物という。リン酸化合物は肥料として重要で、リン酸カルシウムと硫酸との反応でできる混合物(リン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウム)は過リン酸石灰といい、リン酸肥料として用いられる。

問1  ～  に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部①～⑦を化学反応式で示しなさい。

問3 過リン酸石灰 10 kg 中のリンの含量(kg)を有効数字2けたで求めなさい。

5 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えなさい。

油脂は1分子のグリセリンに3分子の脂肪酸が **ア** 結合したものである。一般に、結合している脂肪酸に不飽和脂肪酸が多いと室温で液体となり、飽和脂肪酸が多いと固体となる。

油脂に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、分解して脂肪酸の塩が遊離するが、この現象を **イ** という。同じ質量の油脂を **イ** する場合に必要なとされる水酸化ナトリウムの量は油脂の種類によって異なる。

セッケンは分子内に疎水性の部分と **ウ** の部分をもっており、水に溶けると **ウ** 部分を外側にした **エ** 粒子をつくる。これをミセルと呼んでおり、セッケンでは電氣的に負に帯電している。油脂は水に溶けないが、セッケン水にいれてふると小滴となって分散し、多くは水溶液の上部に集まる。しかし、さらに激しくふると微細な小滴が水溶液の全体に分散した状態になる。セッケンのこのような作用でできた溶液を **オ** 液と呼んで、固体や気体が分散している溶液とは区別している。この微細な小滴が分散している水溶液に細い光線をあてると、横から光の通路を見ることができる。

問1 文章中の **ア** ～ **オ** に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部①の、同じ質量の油脂を **イ** するのに必要な水酸化ナトリウムの量が異なるのはどのような理由によるか。簡単に説明しなさい。

問3 下線部②の性質を利用した分離方法を何と呼んでいるか、かきなさい。

問4 下線部③の理由を簡単に説明しなさい。

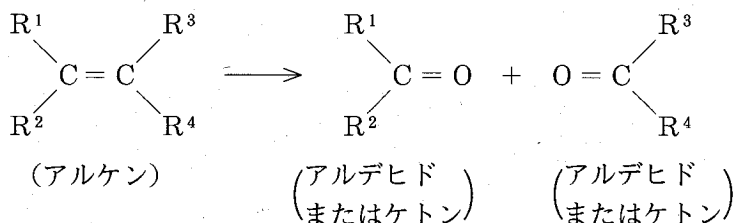
問5 下線部④の溶液を何と呼んでいるか、かきなさい。

問6 下線部⑤の理由を簡単に説明しなさい。

6

次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えなさい。

アルケンは一般に、次のようなオゾンを用いる分解反応を行うと、炭素—炭素二重結合が切断されてアルデヒドまたはケトンになる。



分子式が  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  の2つのアルケン A, B の混合物をオゾン分解したところ、アルデヒド C, D およびケトン E, F の4種類の混合物が生成した。アルデヒド C はアルケン A から生じ、室温では気体(沸点  $-19^\circ\text{C}$ )で水に溶けやすく、防腐剤に使われたり熱硬化性樹脂の原料として利用されている。

また、ケトン E はアルケン B から生じ、酢酸カルシウムを乾留しても得られる。E は工業的に多量に生産されており、石油から得られるアルケン G の直接酸化は製造方法の一つである。

問1 化合物 A, B, C, D の構造式をかきなさい。

問2 アルデヒド D は、工業的にどのような方法で作られているか。40字以内で説明しなさい。

問3 下線部の反応を化学反応式で示しなさい。

問4 アルケン G は、ケトン E の合成原料以外にどのように利用されているか。20字以内で答えなさい。

問5 化合物 A(または B)および化合物 E には、それぞれアルケンおよびケトン以外のいくつかの異性体が存在する。それらのなかで、環状の化合物をそれぞれ一つ構造式で示しなさい。

7 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

酸と塩基の水溶液を混合すると熱が発生する。この熱の発生量を実測するための実験を行いたい。そのために 1.0 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液と 1.0 mol/l の塩酸、0.1℃まで読み取り可能な温度計を用意した。容器中に水酸化ナトリウム水溶液 50 ml を入れておき、そこに塩酸 50 ml を一気に加えてかくはんした。混合後の溶液の温度の時間変化を温度計で測定した。その結果を次に示す。ただし、混合前の液温は 24.8℃で、室温と同じであった。

混合からの経過時間(s)	3	5	10	20	30	40
液温(℃)	31.0	31.3	31.2	30.9	30.6	30.3

問1 下線部①の熱のことを何と呼んでいるか、かきなさい。

問2 下線部②の容器として、この実験の目的から考えて最も適当なものを次のア～エから選んで記号で答えなさい。また、その容器を選んだ理由を30字以内で説明しなさい。ただし、どの容器の容量も実験にさしかえない程度(200 ml から 400 ml 程度)であるものとする。

- ア. 紙コップ                      イ. カップめんの空き容器(発泡ポリスチレン樹脂製)  
ウ. ステンレス製のボウル                      エ. ガラスのコップ

問3 上のデータを用いて混合後の溶液の温度変化を表すグラフをつくりなさい。グラフは解答用紙のグラフ欄に記入すること。発生した熱量を有効数字2けたで求めなさい。計算の過程も簡単な説明とともに示しなさい。使用した溶液の密度はすべて 1.0 g/cm<sup>3</sup> で一定、使用した溶液の比熱はすべて 4.2 J/(g・K)で一定とする。

問4 問3の計算結果を使って、この反応の熱化学方程式を示しなさい。

8 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

化合物の熱化学を考えるうえで非常に重要な法則がある。それは、1840年にスイスの化学者により見出されたもので、「物質が変化する際の反応熱の総和は、変化する前と変化した後の物質の状態だけで決まり、変化の経路や方法には関係しない。」という法則である。この法則の有用性は、アによって直接求めることが困難な反応熱を、他の反応熱から計算することができる点にある。

問1 下線部には、発見者にちなんだ名称が与えられている。その名称をかきなさい。

問2 アに適切な語句を入れなさい。

問3 水素ガスと酸素ガスの反応による水(液体)の生成熱は、 $286 \text{ kJ/mol}$ である。これを熱化学方程式で表しなさい。

問4 メタンおよび黒鉛が燃焼するときの反応熱はそれぞれ  $890 \text{ kJ/mol}$  および  $394 \text{ kJ/mol}$  である。この過程で生じる水は、液体として取り扱うものとする。問3の記述も参考にして、メタンの生成熱を有効数字3けたまで求めなさい。ただし、その計算過程も示しなさい。