

令和3年度採用

群馬県公立高等学校教員選考試験問題

化 学

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

注 意 事 項

- 1 「開始」の指示があるまでは、問題用紙を開かないでください。
- 2 問題は、1 ページから 5 ページまであります。「開始」の指示後、すぐに確認してください。
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入してください。ただし、(式)とあるところは途中の式などを書くこと。
- 4 「終了」の指示があったら、直ちに筆記具を置き、問題用紙と番号順に重ねた解答用紙を机の上に置いてください。
- 5 退席の指示があるまで、その場でお待ちください。
- 6 この問題用紙は、持ち帰ってください。

※₁ (式)とあるところは途中の式などを書くこと。

※₂ 必要があれば次の値を用いなさい。

原子量 H = 1.0、C = 12、N = 14、O = 16、Na = 23、Mg = 24、S = 32、Cl = 35.5、K = 39

Ca = 40、Cu = 63.5、Ag = 108

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 、

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\log_{10}2 = 0.30$ 、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{7} = 2.65$

1 次の(1)～(10)の問いに答えなさい。

(1) 茶葉からカフェインを分離する方法として最も適切なものを次のア～エから1つ選べ。

ア 抽出 イ 蒸留 ウ 再結晶 エ 昇華

(2) 次の物質中のS原子の酸化数が一番大きいものを次のア～エから1つ選べ。

ア H_2S イ SO_2 ウ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ エ H_2SO_4

(3) 図1のような装置を用いて気体を発生させた。この反応に用いる乾燥剤として適切なものを次のア～ウから1つ選べ。

ア 塩化カルシウム イ ソーダ石灰 ウ 十酸化四リン

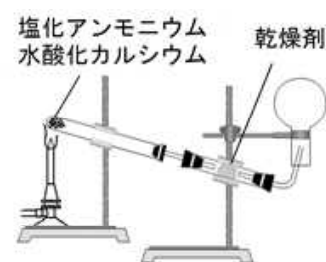


図1

(4) 化学反応において、触媒を加えると変化するものを次のア～エからすべて選べ。

ア 生成物の量 イ 活性化エネルギー
ウ 反応速度 エ 反応熱

(5) 図2の内径が等しく左右対称のU字管の中央部に半透膜を付けた器具を用いて、浸透圧に関する実験を行った。実験は、図のように純水 500mL とア～エの水溶液 500mL をそれぞれ入れて、室温 30℃で行い、一定時間放置した。左右の水位の差が最も大きくなるものをア～エから選べ。ただし、電解質は完全に電離し、半透膜は水分子のみ通すものとし、室温と水温は等しいものとする。

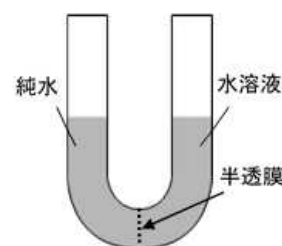


図2

ア 0.100mol/L MgCl₂水溶液

イ 0.200mol/L KCl水溶液

ウ 0.200mol/L スクロース (C₁₂H₂₂O₁₁) 水溶液

エ 0.100mol/L 尿素 (CO(NH₂)₂) 水溶液

(6) 濃度不明の希硫酸 20.0mL に、0.50mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 18.5mL 加えると、溶液は塩基性になった。その後、この溶液に 0.10mol/L の塩酸を 12.5mL 加えたところ、ちょうど中和した。希硫酸の濃度を有効数字2桁で求めよ。

(7) ブレンステッドの定義による塩基とはどのような物質であるか、書け。

(8) 金属に光沢が見られる理由を書け。

(9) アンモニアが15族元素の水素化合物の中で高い沸点を示す理由を書け。

(10) 授業において、単体や化合物を構成している元素が何であることを生徒に確認させたい。確認する方法を1つ挙げよ。

2 次の文を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。

炭素原子には質量数が 12、13、14 の () が存在することが知られている。(a) ^{14}C は放射能を有するため、 ^{14}C の存在比と半減期を利用して、木製の歴史的遺物などの年代が推定できる。また、炭素を完全燃焼させることで得られる二酸化炭素は、常温・常圧では気体であるが、 $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ の圧力下で冷却すると液化することなく、結晶である (b) ドライアイス になる。

(1) 文章中の () に適する語を書け。

(2) 下線部 (a) の ^{14}C は、 β 崩壊し、他の原子に変わることが知られている。例 ^1_1H
 ^{14}C の β 崩壊後の原子を、右の例のように元素記号を使って書け。

(3) 下線部 (b) のドライアイスを標準状態において、すべて気体の二酸化炭素にすると、体積は何倍になるか。有効数字 2 桁で求めよ。ただし、ドライアイスの密度を 1.6g/cm^3 とする。

(4) 容量 10L の真空容器に水 5.0L と気体の二酸化炭素を入れ、容器を密閉した。温度を 0°C に保って放置したところ、二酸化炭素の一部が水に溶け、容器内の圧力が $2.0 \times 10^5 \text{Pa}$ で一定になった。このとき、容器内の水に溶けている二酸化炭素の体積を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 0°C において圧力が $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ の二酸化炭素は、水 1.0L に $7.6 \times 10^{-2} \text{mol}$ 溶け、気体の二酸化炭素は理想気体として振る舞うものとし、水の蒸発と体積変化は無視する。また、水に溶けた二酸化炭素は化学変化しないものとする。

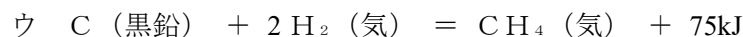
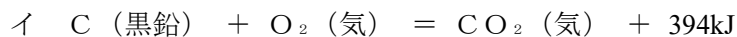
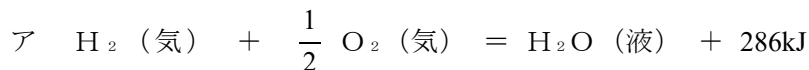
(5) 右の図は、ある温度におけるメタン、水素、二酸化炭素それぞれ 1mol の $Z = PV/(RT)$ の値と圧力 P の関係を示したものである。二酸化炭素を表したものを A～C の記号で選び、その理由を書け。

3 メタンに関して、次の(1)～(4)の問いに答えなさい。

(1) メタン分子の電子式を書け。

(2) メタン分子中の C-H 結合には極性があるが、メタン分子は無極性分子である。その理由を書け。

(3) 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ において、次のア～ウの熱化学方程式が成り立つものとする。



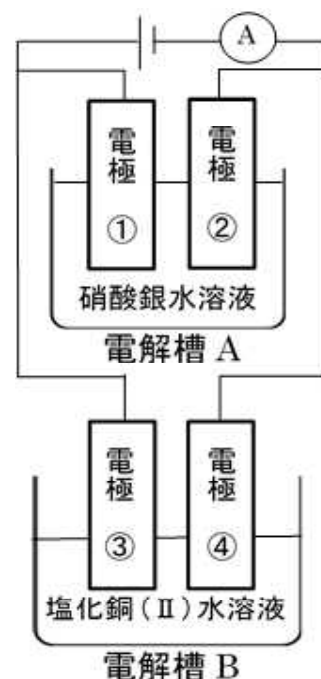
① この状態において、メタンの燃焼熱を求め、メタンの燃焼を表す熱化学方程式を書け。ただし、燃焼により生じる水は、液体であるとする。

② 黒鉛の昇華熱を 715kJ/mol 、H-H の結合エネルギーを 432kJ/mol とするとき、C-H の結合エネルギーを整数値で求めよ。

(4) 27°C で 16.6L の密閉容器に、 0.30mol のメタンと 0.90mol の酸素を封入した。次に、この混合気体を点火して完全燃焼させた。その結果、密閉容器内に水が生じた。このときの混合気体の全圧は何 Pa か。有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 27°C における水の飽和蒸気圧は $4.0 \times 10^3 \text{Pa}$ とし、生じた水の体積及び水への気体の溶解は無視できるものとする。

4 次の文を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。

電解槽 A および B を右の図のように接続し、白金電極を用いて電気分解の実験を行った。電解槽 A には 0.100mol/L の硝酸銀水溶液が 400mL、電解槽 B には 0.100mol/L の塩化銅(II)水溶液が 200mL 入っている。電流計の値が 0.500A で一定となるように直流電源を用いて電圧をかけ、38分36秒間電流を通じたところ、電解槽 A では陰極の質量が 0.540g 増加した。ただし、水溶液の体積変化は無視してよい。



(1) 酸化反応が起こる電極を①～④からすべて選べ。

(2) 電極①で起きた反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で書け。

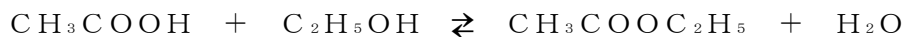
(3) この実験において電解槽 B に流れた電子の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。

(4) 電気分解後の電解槽 B の水溶液における Cu^{2+} イオンの濃度を有効数字 2 桁で求めよ。

(5) 電気分解後の電解槽 A の水溶液の pH を小数第 1 位まで求めよ。ただし、水溶液中の硝酸イオン、銀イオン及び気体が pH に与える影響は無視できるものとする。

5 次の文を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。

酢酸とエタノールから酢酸エチルと水が生成する反応は典型的な可逆反応であり、一定の温度において一定時間後に平衡状態に達する。反応は次式のように表される。



この反応について、体積が一定の容器内に酢酸とエタノールをそれぞれ 6.0mol ずつ入れ、少量の濃硫酸を加えた後、混合溶液の温度を 25℃ に保ったところ、平衡状態に達した。この反応の 25℃ における平衡定数は 4.0 であるものとする。

(1) 平衡状態とはどのような状態か、「正反応」、「逆反応」、「反応速度」という語を用いて書け。

(2) 生成した酢酸エチルの物質量を有効数字 2 桁で求めよ。

(3) 平衡状態に達した後、さらにエタノールを 3.0mol 加え、混合溶液の温度を 25℃ に保ったところ、新たな平衡状態に達した。平衡後の酢酸とエタノールの物質量をそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。

(4) この反応では、濃硫酸は触媒としてはたらいっている。平衡状態に達した後、容器内に希硫酸を加えると、平衡はどちらへ移動するか。また、その理由を書け。

(5) この実験と同様な操作を行い、混合溶液の温度を 40℃ に保ったところ平衡状態に達し、平衡定数は 25℃ のときと比べて小さくなった。酢酸とエタノールから酢酸エチルと水が生成する反応は、発熱反応と吸熱反応のどちらであると考えられることができるか。また、その理由を書け。

6 次の文を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。

分子量が1万から数百万の巨大な分子を高分子といい、その化合物を高分子化合物という。小さな分子を次々に結合させていくと高分子化合物をつくることができる。高分子化合物には、天然に存在する天然高分子化合物と人工的に合成された合成高分子化合物がある。

タンパク質や多糖は、代表的な天然高分子化合物である。タンパク質はアミノ酸が (a) 重合した構造をしており、この重合により形成される共有結合を特に (b) 結合という。一方、多糖はグルコースやフルクトースなどの単糖が (a) 重合した構造をしており、生体内では、デンプンや (c) のようにエネルギーを蓄えたり、セルロースのように細胞壁の構成成分として細胞の構造を支えたりする役割を担っている。デンプンはヨウ素デンプン反応により、存在を確認することができる。

合成高分子化合物は石油などを原料として合成され、その形態や機能によって合成繊維、合成樹脂、合成ゴムに分類される。羊毛に似た触感をもち、耐薬品性のあるポリエチレンテレフタレートは幅広く活用されている合成高分子であり、(d) とテレフタル酸を反応させることで得られる。また、合成ゴムは天然ゴムと同様の特有の弾性をもった合成高分子化合物であり、ブタジエンゴムやクロロプレンゴムのように単量体の (e) 重合によりつくられるものが多い。

(1) 文中の a～e の空欄に適する語を書け。

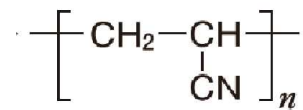
(2) セルロースがヨウ素デンプン反応を示さない理由をデンプンと比較して、説明せよ。

(3) グルコースやフルクトースは、酵素のはたらきによりエタノールと二酸化炭素に分解される。540g のグルコースが 20% の割合で分解されるとき、生成するエタノールは何 g か。有効数字 2 桁で求めよ。ただし、分解されたグルコースはすべてエタノールと二酸化炭素に変化するものとする。

(4) 次の①～②の問いに答えよ。

- ① ポリエチレンテレフタレートの繰り返し単位の構造式を、例のように書け。
- ② 1分子中に 4.0×10^3 個のエステル結合が存在するポリエチレンテレフタレートの分子量を有効数字 2 桁で求めよ。

例



(5) 次のア～ウの合成高分子化合物 10 g をそれぞれ完全に燃焼させたとき、発生する二酸化炭素の量が最も少ないものはどれか。計算過程を示し、その記号を選べ。

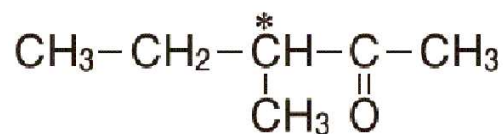
ア ポリエチレンテレフタレート イ ポリスチレン ウ ポリプロピレン

7 次の文を読み、下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

分子内に不斉炭素原子を1個もつ油脂A(分子量は約885とする)を、十分な量の水酸化ナトリウム水溶液中で加熱し、沸騰させながらかき混ぜた。その後、この溶液に多量の電解質を加え、吸引濾過し、乾燥させると白い固形物が得られた。この白い固形物に十分な量の塩酸を加えると、脂肪酸B(直鎖状の飽和脂肪酸)と脂肪酸C(直鎖状の不飽和脂肪酸)が生成した。ただし、反応は理論どおり完全に進むものとする。

- (1) 固体の水酸化ナトリウムをはかり取り、水酸化ナトリウム水溶液を安全に作る際の注意点を、「溶解熱」という語を用いて書け。
- (2) 下線部のように、多数の水分子と水和している物質に多量の電解質を加えて沈殿させる反応のことを何というか、書け。
- (3) 反応の過程で生じる白い固形物は洗浄作用をもつが、動物性繊維に使用することができない。その理由を書け。
- (4) 脂肪酸Bの分子量は284である。脂肪酸Bの示性式を書け。
- (5) 脂肪酸C 14.0gを完全に燃焼させたところ、二酸化炭素39.6gと水14.4gが生成した。脂肪酸Cの分子式を書け。
- (6) 油脂A 100gを触媒の存在下で水素と反応させたところ、5.06Lの水素を吸収した。油脂Aの構造式を例のように書け。また、計算過程も示せ。ただし、構造式中の不斉炭素原子に*をつけ、直鎖状の脂肪酸の部分については $C_{13}H_{27}COOH$ のようにまとめて表すこと。

例



科目	化学解答用紙	2枚中の1	受験番号		氏名	
----	--------	-------	------	--	----	--

(3年)

1

(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
(6)	mol/L	(7)							
(8)									
(9)									
(10)									

2

(1)		(2)		(3)	倍
(4)	(式)				
	_____ L				
(5)	記号	理由			

3

(1)		(2)			
(3)	①				
	② (式)				
	_____ kJ/mol				
(4)					
	_____ Pa				

4

(1)		(2)			
(3)	(式)		(4)	(式)	
	_____ mol			_____ mol/L	
(5)	(式)				
	pH _____				

科目	化学解答用紙	2枚中の2	受験番号		氏名	
----	--------	-------	------	--	----	--

(3年)

5

(1)		
(2)	(式) _____ mol	
(3)	(式) 酢酸 _____ mol エタノール _____ mol	
(4)	方向	理由
(5)	反応	理由

6

(1)	a	b	c	d	e
(2)					
(3)	(式) _____ g				
(4)	① 構造式	② (式)			分子量 _____
(5)	(式) _____ 記号 _____				

7

(1)		
(2)	(3)	
(4)		
(5)	(式) _____ 分子式 _____	
(6)	(式) _____ 構造式 _____	

以下はあくまでも解答の一例です。

科目	化学解答用紙	2枚中の1	受験番号	氏名	(3年)
----	--------	-------	------	----	------

(1)~(3)各1点 (4)~(7)各2点 (8)~(10)各3点※(1)~(7)完答のみ。
 (8)~(10)は同様の内容であれば可。小計20点

(1)	エ	(2)	エ	(3)	イ	(4)	イ、ウ	(5)	イ
(6)	0.20 mol/L	(7)	H ⁺ を相手から受け取ることのできる物質						
(8)	入射した可視光のほとんどを自由電子が乱反射するため								
(9)	水素結合をもち、強い分子間相互作用がはたらくため								
(10)	炎色反応や難溶性塩の沈殿反応を行う								

2 (1)(2)各1点 (3)~(5)各3点 小計11点

(1)	同位体	(2)	${}^{14}_7\text{N}$	(3)	8.1×10^2 倍
(4)	(式) $V = 7.6 \times 10^{-2} \times 5 \times 22.4 = 8.51$ 【別解】 $V = \frac{7.6 \times 10^{-2} \times 2 \times 5 \times 8.3 \times 10^3 \times 273}{2.0 \times 10^5} = 8.61$ 8.5 (8.6も可) L				
(5)	記号 A	理由 いずれも無極性分子なので、分子量が大きいほど分子間力が強くなり、理想気体からのずれも大きくなるため			

3 (1)1点 (3)①2点 (2)(3)②各3点 (4)4点 小計13点

(1)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\text{C}:\text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$	(2)	メタン分子が正四面体形なので、4つの極性が打ち消しあうため
(3)	① $\text{CH}_4(\text{気}) + 2\text{O}_2(\text{気}) = \text{CO}_2(\text{気}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 891\text{kJ}$ ②(式) $4x = 715 + 432 \times 2 + 75 \quad x = 413.5 \quad 414 \text{ kJ/mol}$		
(4)	$\begin{array}{cccc} \text{CH}_4 + 2\text{O}_2 & \rightarrow & \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} & (\text{mol}) \\ \text{反応前} & 0.3 & 0.9 & 0 & 0 \\ \text{変化量} & -0.3 & -0.6 & +0.3 & +0.6 \\ \text{反応後} & 0 & 0.3 & 0.3 & 0.6 \end{array}$ このとき、水が生じているので、水蒸気分圧は、 $4.0 \times 10^3 \text{Pa}$ 全圧Pは、 $P = \frac{(0.3 + 0.3) \times 8.3 \times 10^3 \times (273 + 27)}{16.6} + 4.0 \times 10^3 = 9.4 \times 10^4 \text{ Pa}$		

4 (1)(2)各2点 (3)~(5)各3点 小計13点

(1)	①、③	(2)	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
(3)	(式) $38\text{分}36\text{秒} = 2316\text{秒}$ $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ より $\text{e}^- : \text{Ag} = 1 : 1$ $0.500 \times 2316 - \frac{0.540}{108} \times 9.65 \times 10^4 = 675.5$ $\frac{675.5}{9.65 \times 10^4} = 7.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$	(4)	(式) $\frac{675.5}{9.65 \times 10^4} \times \frac{1}{2} = 0.0035 \text{ mol}$ $(0.100 \times \frac{200}{1000} - 0.0035) \div \frac{200}{1000} = 0.0825$ $8.3 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
(5)	(式) 電解槽Aには、 $\frac{0.540}{108} = 0.005 \text{ mol}$ の電子が流れている $[\text{H}^+] = 0.005 \div 0.4 = 1.25 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ $\text{pH} = -\log_{10}(1.25 \times 10^{-2}) = 4 - 3 \times (1 - 0.3)$ pH 1.9		

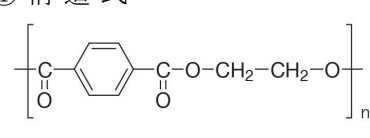
以下はあくまでも解答の一例です。

科目	化学解答用紙	2枚中の2	受験番号	氏名	(3年)
----	--------	-------	------	----	------

5 (1)(2)各2点 (3)~(5)各3点 小計13点

(1)	正反応の反応速度と逆反応の反応速度が等しくなり、見かけ上反応が止まった状態				
(2)	$\frac{(x/V) \times (x/V)}{(6-x)/V \times (6-x)/V} = 4.0$ $x^2 - 16x + 48 = 0 \quad x = 4.0, 12 \quad 12 \text{は不適となる} \\ (\text{x} \leq 6 \text{より})$ <p style="text-align: right;">4.0 mol</p>				
(3)	$\frac{(x/V) \times (x/V)}{(6-x)/V \times (9-x)/V} = 4.0$ $3x^2 - 60x + 216 = 0 \quad x^2 - 20x + 72 = 0 \quad x = 10 - 2\sqrt{7} \quad (10 + 2\sqrt{7} \text{は不適}) \\ x = 4.7$ <p style="text-align: right;">酢酸 1.3 mol エタノール 4.3 mol</p>				
(4)	方向 左向き	理由 希硫酸はH ₂ Oを多く含み、H ₂ Oの量が増えるため			
(5)	反応 発熱反応	理由 温度を上げると平衡定数が小さくなり、平衡が左向きに移動するため			

6 (1)(4)①各1点 (2)(3)(4)②各2点 (5)3点 小計15点

(1)	a 縮合	b ペプチド	c グリコーゲン	d エチレングリコール	e 付加
(2)	デンプンは分子がらせん状であるのに対し、セルロースは分子が直線上であるため				
(3)	$\frac{540}{180} \times 2 \times \frac{20}{100} \times 46 = 55.2$ <p style="text-align: right;">55 g</p>				
(4)	① 構造式 		② (式) 1単位中には、2個のエステル結合が存在する $\frac{4.0 \times 10^3}{2} \times 192 = 384 \times 10^3$ 分子量 3.8×10^5		
(5)	$\text{ア} \quad \frac{10}{192} \times 10 = \frac{100}{192} = \frac{10}{19.2} \quad \text{イ} \quad \frac{10}{104} \times 8 = \frac{80}{104} = \frac{10}{13} \quad \text{ウ} \quad \frac{10}{42} \times 3 = \frac{30}{42} = \frac{10}{14}$ <p style="text-align: right;">記号 <u>ア</u></p>				

7 (1)(3)各2点 (2)1点 (4)(5)各3点 (6)4点 小計15点

(1)	水酸化ナトリウムは溶解熱が大きいので、冷却しながら水に溶かす				
(2)	塩析	(3)	塩基によりタンパク質が変性して縮んだり、硬くなったりするため		
(4)	$C_{17}H_{35}COOH$				
(5)	$39.6 \times \frac{12}{44} = 10.8 \quad 14.4 \times \frac{2}{18} = 1.6 \quad 14 - 10.8 - 1.6 = 1.6$ <p>C : H : O = 0.9 : 1.6 : 0.1 = 9 : 16 : 1 脂肪酸はOを2個含むため 分子式 $C_{18}H_{32}O_2$</p>				
(6)	$\frac{100}{885} : \frac{5.06}{22.4} = 0.113 : 0.226 = 1 : 2$ <p>この油脂は二重結合を2個もつため、含まれる脂肪酸の割合は、B : C = 2 : 1である</p> <p style="text-align: right;">構造式</p> $\begin{array}{c} C_{17}H_{35}COOCH_2 \\ \\ C_{17}H_{35}COOC^*H \\ \\ C_{17}H_{31}COOCH_2 \end{array}$				