

# UTTAGNING TILL KEMIOLYMPIADEN 2016

## TEORETISKT PROV nr 2

Provdatum: tisdagen den 15 mars 2016

Provtid: 180 minuter. Hjälpmedel: Räkare, tabell- och formelsamling.

Provet omfattar 4 uppgifter. Max 44p

### LÄS IGENOM DETTA NOGA INNAN DU PÅBÖRJAR PROVET

Alla uppgifter redovisas på svarsblanketten som du hittar i slutet av provet.

Lärarens grovrättning grundas endast på de svar som finns på svarsblanketten.

**Du skall dessutom lämna fullständiga lösningar till de deluppgifter som är markerade med <sup>RE</sup> på separata papper.**

Skriv NAMN och SKOLA på alla papper med lösningar

Konstanter, som inte ges i problemtexten, hämtas ur tabell.

Du får poäng för korrekt löst deluppgift, även om du inte behandlat hela uppgiften.

**Du måste tydligt fylla i telefonnummer, namn och mailadress på svarsblanketten.**

### Uppgift 1, Ammoniumsulfat (8 poäng)

Ammoniumsulfat används vid vattenrening samt som gödselmedel för bl.a. gräsmattor och är ett vitt salt som löser sig mycket lätt i vatten. Ammoniumsulfatlösningar är ett extra bra gödningsmedel för Rhododendron (se bild till höger) och andra växter som behöver mycket svavel i sin näring.



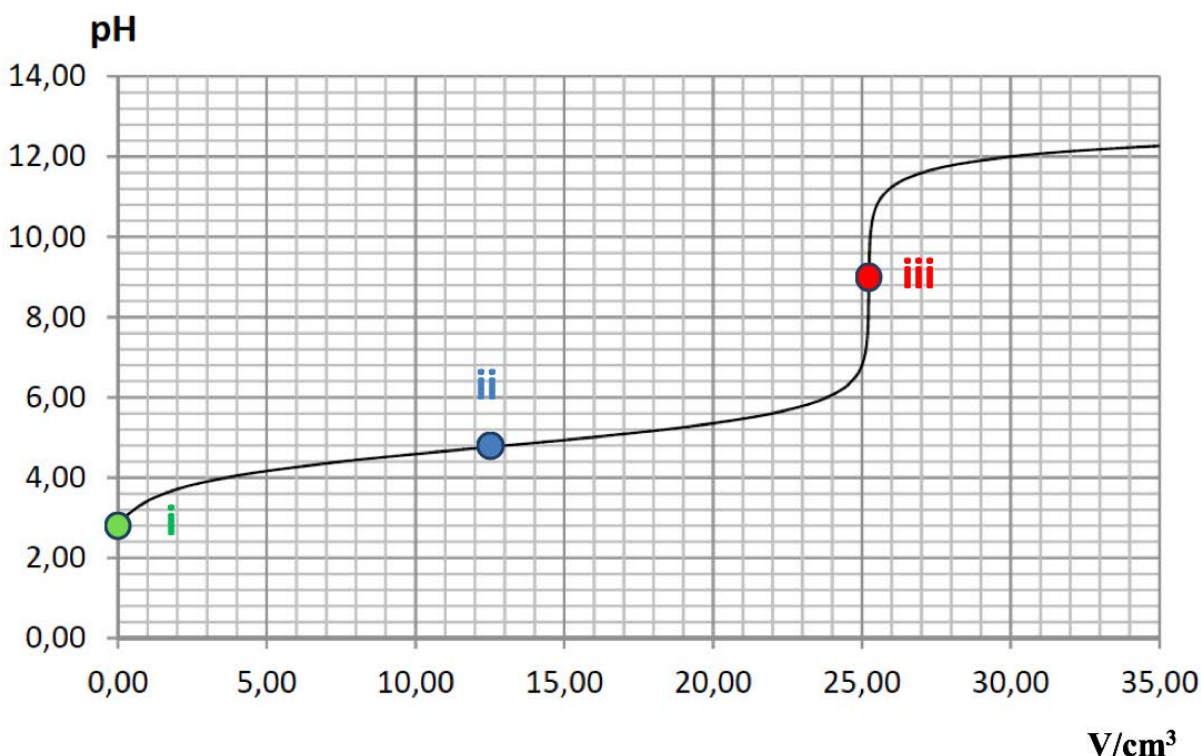
Ett prov av ammoniumsulfat reagerade med järnsulfat till järn(II) ammoniumsulfatkristaller. Man löste upp 10,0 g av dessa järn(II)ammoniumsulfatkristaller i en mätkolv, med volymen 250 cm<sup>3</sup>. Av den lösningen tog man ut 25,0 cm<sup>3</sup> och titrerade sedan den nya lösningen med 21,25 cm<sup>3</sup> av en 0,0200 mol/dm<sup>3</sup> kaliumdikromatlösning så alla Fe<sup>2+</sup> joner förbrukades.

- a) Vilket oxidationstal har kväve i (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>? Endast ett alternativ ska väljas
- |     |       |      |      |       |
|-----|-------|------|------|-------|
| + I | + III | + IV | - IV | - III |
|-----|-------|------|------|-------|
- b) När järn(II)joner, reagerar med dikromatjoner i sur lösning så bildas det järn(III)joner och krom(III)joner enligt följande obalanserade reaktionsformel.
- $$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$$
- Balansera reaktionsformeln.
- c)<sup>RE</sup> Bestäm substansmängden järn(II)ammoniumsulfat i den ursprungliga lösningen i mätkolven.
- d)<sup>RE</sup> Beräkna mängden vatten i järn(II)ammoniumsulfatkristallerna, d.v.s. beräkna x i formeln FeSO<sub>4</sub> • (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> • xH<sub>2</sub>O.

## Uppgift 2, Valeriana, ett naturläkemedel mot sömnlöshet (13 poäng)

Valerianaplantan har länge använts som ett naturläkemedel mot sömnlöshet. Forskare har kunnat hitta flera sömnverkande substanser i plantan. En av huvudkomponenterna är en enprotonig karboxylsyra som har en genomträngande lukt av ost och fotsvett.

Från 100 g torkad valerianarot isolerades 0,254 g av den illaluktande syran. Syran löstes i  $20,0 \text{ cm}^3$  avjoniserat vatten. En elev utförde en titrering på denna syralösning med  $0,0986 \text{ mol/dm}^3$  natriumhydroxidlösning. Titrerkurvan visas nedan.

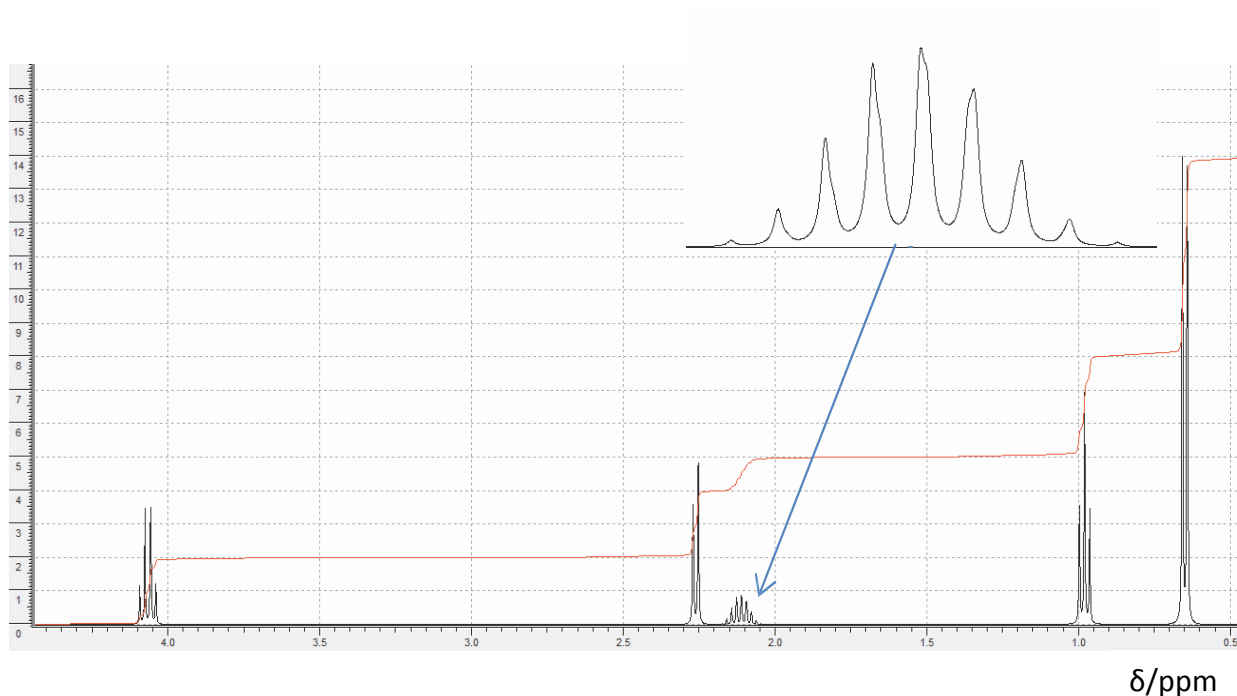


- a)<sup>RE</sup> I vilken titrerpunkt (i, ii eller iii) finner man störst buffertkapacitet?
- b)<sup>RE</sup> Bestäm syrans molmassa.
- c)<sup>RE</sup> Syrans  $pK_a$ -värde bestämdes till 4,8. Beräkna hur stor procentuell andel av den illaluktande syran som förekommer i sin basiska form i urin med pH 4,5.

Den illaluktande syran har använts i parfymindustrin för att tillsammans med etanol framställa en ester vilket har doften av äpple. Estern har molekylformlen  $C_7H_{14}O_2$ .

- d) Rita två stycken möjliga strukturer av estern. Den ena strukturen ska vara kiral medan den andra inte ska vara kiral.

Nedan visas ett  $^1\text{H}$ -NMR spektrum av estern.



- e) <sup>RE</sup> Bestäm strukturen på estern. Basera ditt svar på signalernas integraler, kemiskt skift och kopplingsmönster.

### Uppgift 3, Raketbränsle (14 poäng)

Denna fråga handlar om raketbränsle.

Rovern Curiosity landade på mars i augusti 2012. Landningsmodulens raketmotorer hade ett bränsle som enbart bestod av hydrazin,  $\text{N}_2\text{H}_4$ . Detta är populärt hos NASA eftersom det inte bildas någon koldioxid.

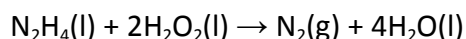
Hydrazinen leds över en lämplig katalysator och sönderdelas då till sina grundämnen. Det snabba bildandet av de heta gasformiga grundämnena utgör motorns drivkraft. Ammoniak kan bildas som en intermediär vid sönderdelningen.



- a) Skriv en balanserad reaktionsformel för den reaktion som sker då hydrazin sönderdelas till ammoniak och kvävgas.

Det första stridsflygplanet med raketmotor, Messerschmitt Me 163, drevs genom reaktionen mellan en hydrazin/metanol blandning och väteperoxid.

- b) Väteperoxid reagerar med hydrazin enligt reaktionsformeln.



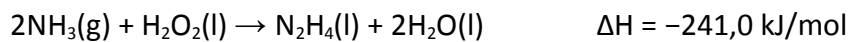
Ange oxidationstalen för kväve i  $\text{N}_2\text{H}_4$  och  $\text{N}_2$  samt för syre i  $\text{H}_2\text{O}_2$  och  $\text{H}_2\text{O}$ .

- c) Väteperoxid oxiderar metanol till koldioxid och vatten. Skriv en balanserad reaktionsformel för denna reaktion.

Hydrazin kombineras ofta med dikvävetetroxid,  $N_2O_4$ , i raketbränsle. Dessa två ämnen bildar en hypergolisk blandning, d.v.s. reaktanterna antänder spontant vid kontakt. NASA använde  $N_2H_4/N_2O_4$  i många rymdfarkoster och det är troligt att de även kommer att användas i nästa generations farkoster.

- d) De exoterma reaktioner som utnyttjas i raketmotorer ger kemiskt stabila produkter i form av snabbt expanderade gaser (vilket ger drivkraft). Föreslå vilka två reaktionsprodukter som bildas i reaktionen mellan  $N_2H_4$  and  $N_2O_4$ .
- e) När ren  $N_2O_4$ , upphettas, bildas till att börja med inte kväve och syre utan istället bildas en brun gas. Vilken är gasen?

f)<sup>RE</sup> Hydrazin kan framställas genom reaktion mellan ammoniak och väteperoxid.



Entalpiändringen då ett ämne bildas ur sina grundämnen kallas *bildningsentalpi* och betecknas  $\Delta H_f$ .

Följande värden på  $\Delta H_f$  gäller:

$$\Delta H_f(NH_3) = -46,1 \text{ kJ/mol} , \Delta H_f(H_2O_2) = -187,8 \text{ kJ/mol} , \Delta H_f(H_2O) = -285,8 \text{ kJ/mol}$$

Beräkna först  $\Delta H_f(N_2H_4)$  och beräkna därefter entalpiändringen då hydrazin sönderdelas till  $N_2$  och  $H_2$ .

g)<sup>RE</sup> Stridsflygplanet Messerschmitt Me 163 innehåller  $225 \text{ dm}^3$  hydrazin och  $862 \text{ dm}^3$  metanol. Entalpiändringen då hydrazin reagerar med väteperoxid är  $-622,2 \text{ kJ}/(\text{mol hydrazin})$  och då metanol reagerar med väteperoxid  $-726,0 \text{ kJ}/(\text{mol metanol})$ . Densiteten för  $N_2H_4$  är  $1,021 \text{ g}/\text{cm}^3$  och densitet för  $CH_3OH$  är  $0,7918 \text{ g}/\text{cm}^3$ .

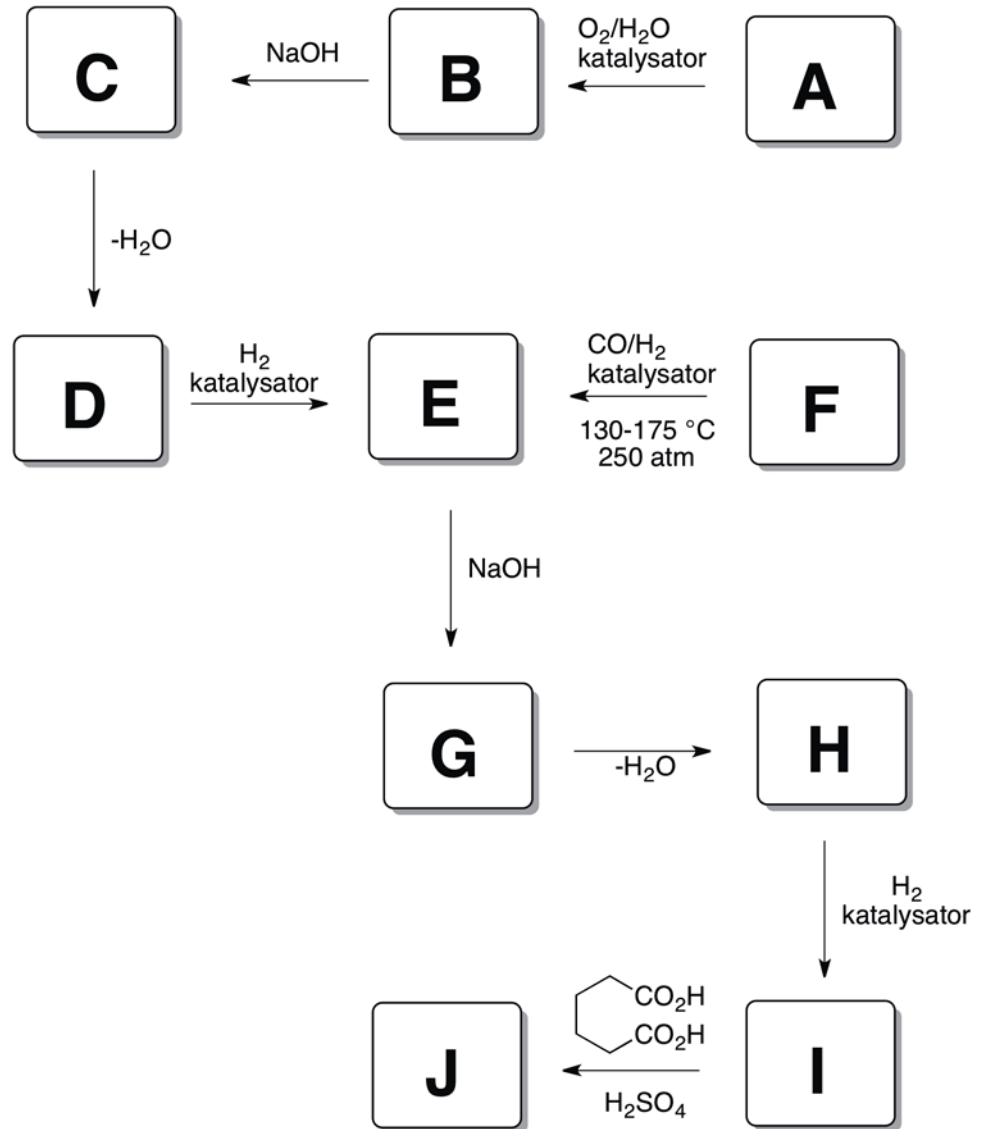
Beräkna ur dessa data värmeenergin som utvecklas (avges) vid förbränningen av denna kvantitet raketbränsle. Anta att all hydrazin och metanol förbränns fullständigt.

h) Ett *derivat av* hydrazin med formeln  $C_2H_8N_2$  användes som raketbränsle vid Apollofärderna. Det innehåller två kväveatomer som befinner sig i två olika kemiska omgivningar samt två kolatomer som befinner sig i samma kemiska omgivning.

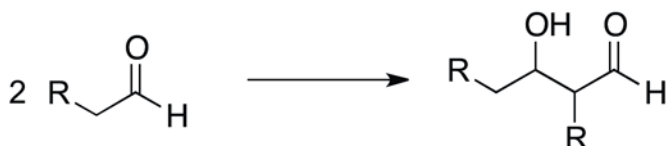
Rita strukturformeln för  $C_2H_8N_2$ .

#### Uppgift 4, Framställning av mjukgöraren DEHA (10 poäng)

DEHA (engelsk förkortning för *diethylhexyl adipate*) är en ester mellan adipinsyra (hexandisyra) och 2-etyl-1-hexanol. DEHA används huvudsakligen som mjukgörare i plaster. Den är en viktig produkt som framställs på industriell skala enligt metoderna i reaktionsschemat nedan. Denna uppgift går ut på att med hjälp av reaktionsschemat nedan, samt ledtrådarna som ges i texten, lyckas identifiera den kemiska strukturen på förening **A – J**.



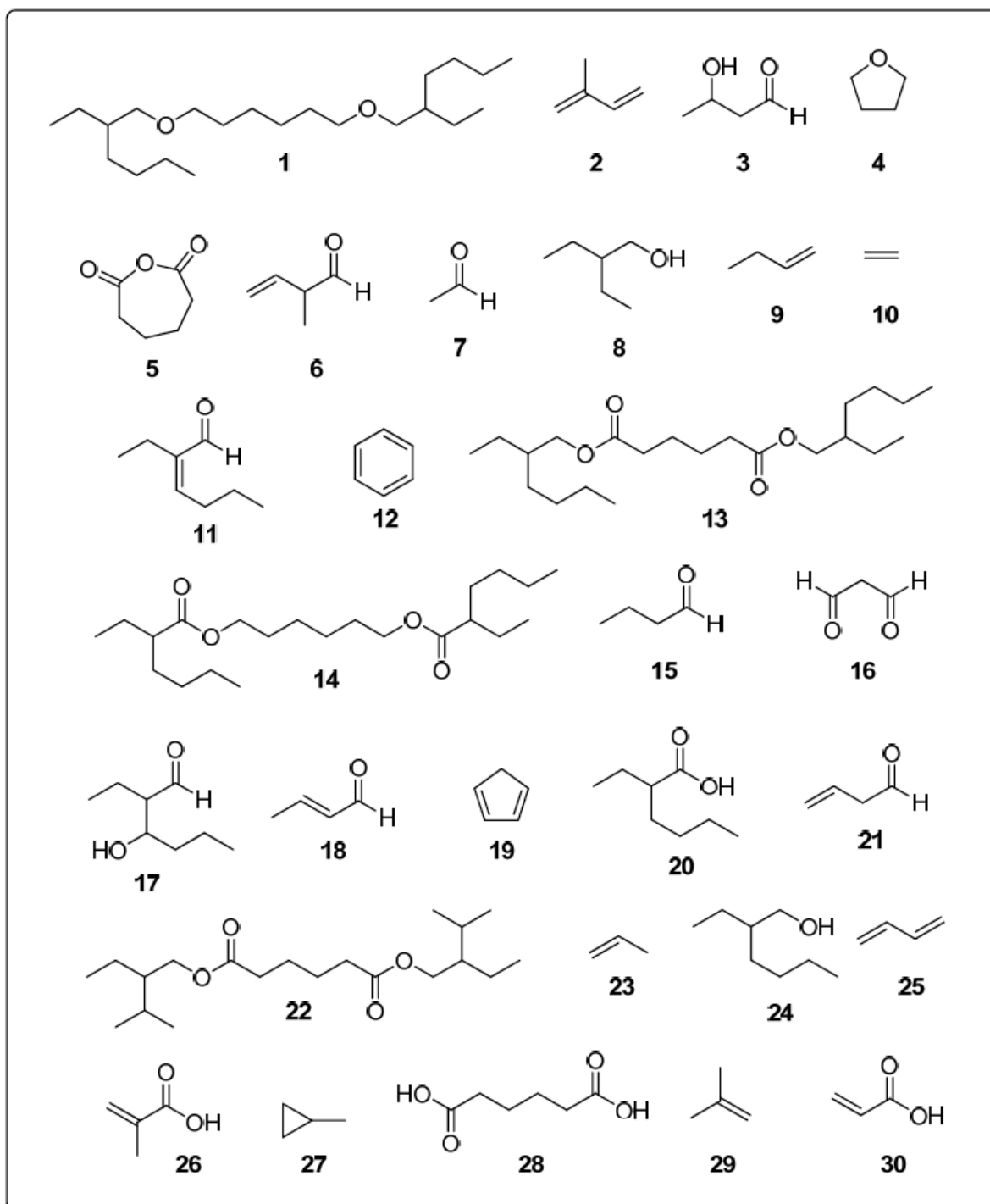
**Ledtråd:** En reaktion som du behöver använda två gånger, men förmodligen inte känner till, är en så kallad aldolreaktion. Den ger följande produkt (R är en godtycklig alkylsubstituent)



Startmaterial för framställning av DEHA är aldehyden **E**, vilket kan beredas från den enkla alkenen **A** (omättad bindning). **A** kan bilda **B** som visas i schemat ovan, men **B** kan också framställas vid försiktig oxidation av etanol. Vid behandling med  $\text{NaOH}$  omvandlas **B** till **C**, en aldolprodukt som enkelt spjälkar bort vatten och bildar **D** ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$ ). Reduktion av **D** med vätgas bildar **E**. Nuförtiden bereds emellertid **E** istället från alkenen **F** genom en så kallad hydroformylering (addition av formylgruppen  $\text{CHO}$  och ett väte till en alken). Om **E** behandlas

med basen NaOH så bildas återigen en aldolprodukt, **G**, som snabbt sönderfaller till **H** genom avspjälkning av vatten. Reduktion av **H** med vätgas (under särskilda betingelser) ger **I**, vilket kan reagera med adipinsyra och bilda **J** (DEHA).

a) Vilket nummer i schemat nedan motsvarar förening **A – J**?



## SVARSBLANKETT TILL KEMIOLYMPIADEN 2016, OMGÅNG 2

Namn: \_\_\_\_\_ Födelsedatum: \_\_\_\_\_

Skola: \_\_\_\_\_

Hemadress: \_\_\_\_\_

e-post: \_\_\_\_\_ Tel. nr \_\_\_\_\_

Uppg.	Endast svar på denna blankett. Inga uträkningar. Ringa in rätt svar på flervalsfrågorna. Deluppgifter med index <sup>RE</sup> ska <u>även</u> redovisas fullständigt på särskilt papper.	Poäng	L	
<b>1a</b>	+I          +III          +IV          – IV          –III	<b>1</b>		
<b>1b</b>	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	<b>2</b>		
<b>1c<sup>RE</sup></b>	mol	<b>2</b>		
<b>1d<sup>RE</sup></b>	x =	<b>3</b>		
<b>2a<sup>RE</sup></b>	i                  ii                  iii	<b>2</b>		
<b>2b<sup>RE</sup></b>	Syrans molmassa:                  g/mol	<b>2</b>		
<b>2c<sup>RE</sup></b>	I basisk form                  %	<b>3</b>		
<b>2d</b>	<u>Ej</u> Kiral:                  kiral:	<b>1+1</b>		
<b>2e<sup>RE</sup></b>	Strukturformel	<b>4</b>		

3a						1		
3b	kväve i N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> : _____ N <sub>2</sub> : _____ syre i H <sub>2</sub> O: _____ H <sub>2</sub> O _____					1		
3c						2		
3d	Reaktionsprodukter:					1		
3e	Brun gas:					1		
3f <sup>RE</sup>	$\Delta H_f(N_2H_4) =$ _____ kJ/mol Sönderdelningsentalpi = _____ kJ/mol					3		
3g <sup>RE</sup>	Avgiven värmeenergi: _____ kJ					3		
3h	Strukturformel					1		
4a	A	B	C	D	E	10 (10x1)		
	F	G	H	I	J			
<b>TOTALPOÄNG</b>						<b>44</b>		



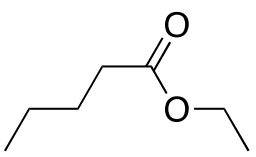
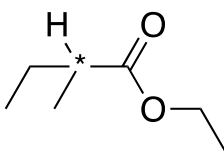
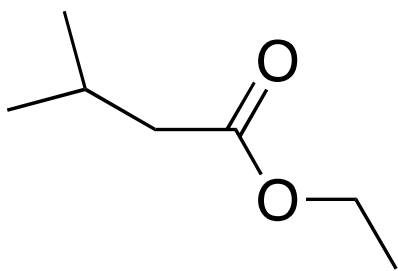
# SVARSBLANKETT TILL KEMIOLYMPIADEN 2016, OMGÅNG 2

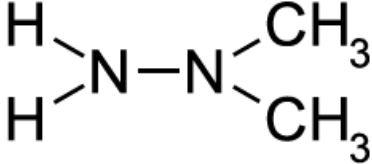
Namn: \_\_\_\_\_ Födelsedatum: \_\_\_\_\_

Skola: \_\_\_\_\_

Hemadress: \_\_\_\_\_

e-post: \_\_\_\_\_ Tel. nr \_\_\_\_\_

Uppg.	Endast svar på denna blankett. Inga uträkningar. Ringa in rätt svar på flervalsfrågorna. Deluppgifter med index <sup>RE</sup> ska <u>även</u> redovisas fullständigt på särskilt papper.	Poäng	L	
1a	+I      +III      +IV      - IV <b>(-III)</b>	1		
1b	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	2		
1c <sup>RE</sup>	0,0255      mol	2		
1d <sup>RE</sup>	x =      6	3		
2a <sup>RE</sup>	i <b>(ii)</b> iii	2		
2b <sup>RE</sup>	Syrans molmassa:      102,2      g/mol	2		
2c <sup>RE</sup>	I basisk form      33      %	3		
2d	<p>Exempel på korrekta svar</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><math>\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2</math> Ej kiral</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2</math> kiral</p> </div> </div>	1+1		
2e <sup>RE</sup>	<p>Strukturformel</p> 	4		

<b>3a</b>	$3\text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow 4\text{NH}_3 + \text{N}_2$					<b>1</b>		
<b>3b</b>	kväve i $\text{N}_2\text{H}_4$ : -2 $\text{N}_2$ : 0    syre i $\text{H}_2\text{O}_2$ : -1 $\text{H}_2\text{O}$ : -2					<b>1</b>		
<b>3c</b>	$\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$					<b>2</b>		
<b>3d</b>	Reaktionsprodukter: $\text{N}_2$ och $\text{H}_2\text{O}$					<b>1</b>		
<b>3e</b>	Brun gas: kvävedioxid, $\text{NO}_2$ (namn eller formel ger poäng)					<b>1</b>		
<b>3f<sup>RE</sup></b>	$\Delta H_f(\text{N}_2\text{H}_4) =$ 50,6                    kJ/mol					<b>3</b>		
	Sönderdelningsentalpi =    - 50,6                    kJ/mol							
<b>3g<sup>RE</sup></b>	Avgiven värmeenergi: $19,9 \cdot 10^6$ kJ					<b>3</b>		
<b>3h</b>	Strukturformel  					<b>1</b>		
<b>4a</b>	<b>A</b> 10	<b>B</b> 7	<b>C</b> 3	<b>D</b> 18	<b>E</b> 15	<b>10</b> (10x1)		
	<b>F</b> 23	<b>G</b> 17	<b>H</b> 11	<b>I</b> 24	<b>J</b> 13			
<b>TOTALPOÄNG</b>						<b>44</b>		

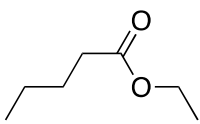
# KEMIOLYMPIADEN 2016, OMGÅNG 2, FULLSTÄNDIGA LÖSNINGAR.

## Uppgift 1 (8 poäng)

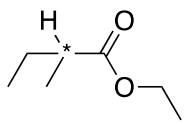
- a) – III 1p
- b)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$  2p
- c)  $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 0,0200 \cdot 21,25 \cdot 10^{-3} = 0,000425 \text{ mol}$  2p  
 $n(\text{Fe}^{2+}) = 6 \cdot n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 6 \cdot 0,000425 = 0,00255 \text{ mol}$   
 $n(\text{Fe}^{2+}, \text{mätkolven}) = 10 \cdot 0,00255 \text{ mol} = 0,0255 \text{ mol}$
- d)  $M(\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = (10,0 / 0,0255) \text{ g/mol} = 392,2 \text{ g/mol}$   
 $M(\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 284,1 \text{ g/mol}$  ;  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g/mol}$   
 $x = (392,2 - 284,1) / 18,02 \approx 6$  3p

## Uppgift 2 (13 poäng)

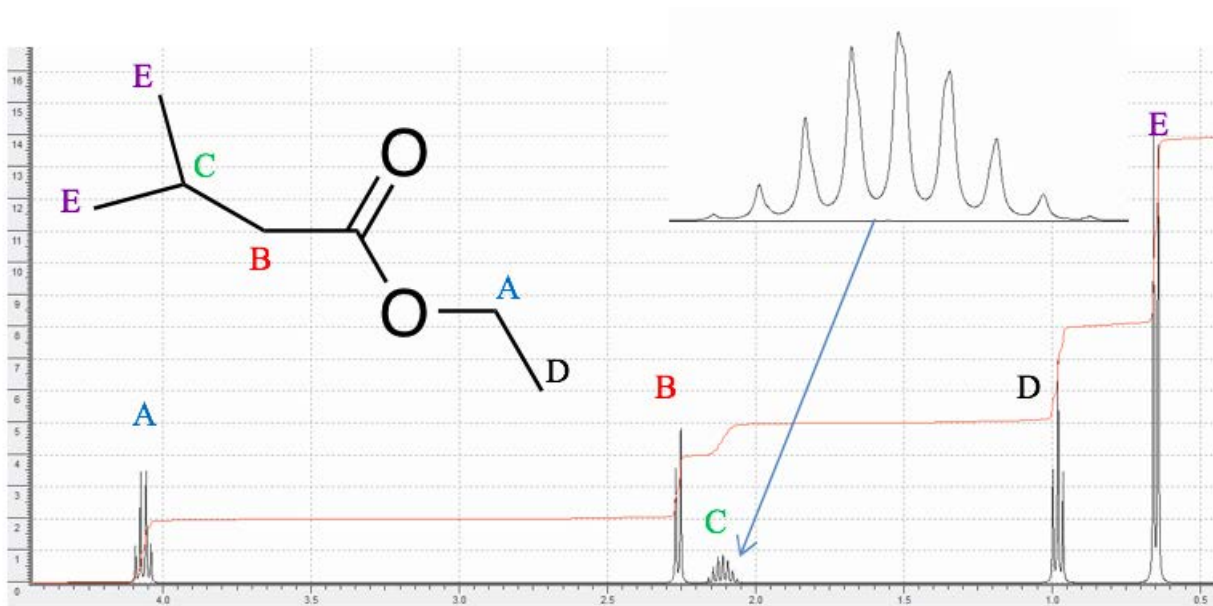
- a) punkt (ii). I halvtitrerpunkten där  $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$  är lutningen på titrerkurvan som lägst  
 $\Rightarrow$  högst buffertkapacitet i denna punkt. 2p
- b) Den enprotoniga karboxylsyran betecknas HA 2p  
 $V_{\text{ekv}} \approx 25,2 \text{ cm}^3$  (avläses ur titrerkurvan)  
 $n(\text{OH}^-) = V_{\text{ekv}} \cdot C_{\text{NaOH}} = (25,2 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3) \cdot (0,0986 \text{ mol/dm}^3) = 0,002485 \text{ mol}$   
 1 mol  $\text{OH}^-$  motsvarar 1 mol HA  
 $n(\text{HA}) = n(\text{OH}^-) = 0,002485 \text{ mol}$   
 $m(\text{HA}) = 0,254 \text{ g}$   
 $M = m/n = (0,254 \text{ g}) / (0,002485 \text{ mol}) = 102,2 \text{ g/mol}$
- c) följande syra-basjämvikt inställer sig:  $\text{HA} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$  ;  $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{HA}]}$  (1) 3p  
 $K_a = 10^{-\text{p}K_a} = 10^{-4,8} = 1,585 \cdot 10^{-5}$  ;  $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4,5} = 3,162 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$   
 Då  $K_a$  och  $[\text{H}^+]$  sätts in i (1) erhålls:  $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 0,5 \rightarrow [\text{A}^-] = 0,5 [\text{HA}]$   
 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}] + [\text{A}^-]} = \frac{0,5[\text{HA}]}{[\text{HA}] + 0,5[\text{HA}]} = 0,33 = 33\%$

- d) Exempelvis 2p
- 

$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$   
Ej kiral



$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$   
kiral



Signal	Kemiskt skift	Integral (antal H)	Splittringsmönster	Antal H som grannar	Strukturelement
A	4,05	2	Kvartett	3	CH <sub>2</sub>
B	2,25	2	Dublett	1	CH <sub>2</sub>
C	2,10	1	Nonett	8	CH
D	0,95	3	Triplett	2	CH <sub>3</sub>
E	0,65	6	Dublett	1	2xCH <sub>3</sub>

### Uppgift 3 (13 poäng)

- a)  $3\text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow 4\text{NH}_3 + \text{N}_2$  1p
- b)  $\text{N}_2\text{H}_4$ – kväve: -2       $\text{N}_2$ – kväve: 0       $\text{H}_2\text{O}_2$ – syre: -1       $\text{H}_2\text{O}$ – syre: -2 1p
- c)  $\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$  2p
- d)  $\text{N}_2$  och  $\text{H}_2\text{O}$  1p
- e) Kvävedioxid 1p
- f)  $\Delta H^\circ$  för reaktionen då hydrazin framställs kan beräknas ur bildningsentalpierna  
 $\Delta H^\circ$  (framställning) =  $2 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) + \Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{H}_4) - 2 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{NH}_3) - \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}_2)$   
 Med insatta siffervärden:  $-241,0 = 2 \cdot (-285,8) + \Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{H}_4) - 2 \cdot (-46,1) - (-187,8)$   
 $\Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{H}_4) = 50,6 \text{ kJ/mol}$   
 $\Delta H^\circ$  (sönderdelningen av  $\text{N}_2\text{H}_4$ ) =  $-\Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{H}_4) = -50,6 \text{ kJ/mol}$  3p

- g)  $m(\text{N}_2\text{H}_4) = (225 \cdot 10^3 \cdot 1,021) \text{ g} = 229700 \text{ g}$  ;  $M(\text{N}_2\text{H}_4) = 32,052 \text{ g/mol}$  ; 3p  
 $n(\text{N}_2\text{H}_4) = (229700 / 32,052) \text{ g/mol} = 7167 \text{ mol}$   
 Utvecklad värmeenergi från hydrazin:  $(7167 \cdot 622,2) \text{ kJ} = 4,459 \cdot 10^6 \text{ kJ}$   
 På samma sätt erhålls för metanol:  $15,465 \times 10^6 \text{ kJ}$   
 Totalt utvecklad värmeenergi:  $4,459 \cdot 10^6 \text{ kJ} + 15,465 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 19,9 \cdot 10^6 \text{ kJ}$



**Uppgift 4 (10 poäng)** 10p

