



Chalmers Tekniska Högskola  
Institutionen för Kemi och kemiteknik

## OMTENTAMEN

|                                                                                                                    |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>KURSNAMN</b>                                                                                                    | Kemi                                                                                                    |
| <b>PROGRAM:</b><br><b>År</b>                                                                                       | Tekniskt Basår<br>2022/2023                                                                             |
| <b>KURSBETECKNING</b>                                                                                              | LET924/KBT320/LET923                                                                                    |
| <b>EXAMINATOR</b>                                                                                                  | Ulf Jäglid                                                                                              |
| <b>TID FÖR TENTAMEN</b>                                                                                            | Fredag 17 februari kl. 14.00<br>2023, Lindholmen                                                        |
| <b>HJÄLPMEDEL</b>                                                                                                  | Typgodkänd (Chalmers-godkänd) räknare,<br>”Formler och Tabeller”, valfri upplaga, (Natur<br>och Kultur) |
| <b>HUVUDANSVARIGA LÄRARE:</b>                                                                                      | Ulf Jäglid (031-772 5702)<br>Christine Geers<br>Mikael Molin<br>Fredrik Hildor                          |
| <b>DATUM FÖR ANSLAG</b><br><b>av resultat</b>                                                                      | Senast den 10 mars                                                                                      |
| <b>TENTAMENSUTLÄMNING</b>                                                                                          | Tid och plats för utlämning av tentamen<br>meddelas senare                                              |
| <b>ÖVRIG INFORMATION</b><br>Tentamen omfattar totalt 100 p.<br>50-64 p betyg 3, 65-79 p betyg 4, 80-100 p betyg 5. |                                                                                                         |

1. Ange den kemiska formeln eller det kemiska namnet för följande föreningar:

- a) Aluminiumfosfat **AlPO<sub>4</sub>**  
b) Bariumnitrat **Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**  
c) NaI **Natriumjodid**  
d) CaSO<sub>4</sub> **Kalciumsulfat** (4p)

2. Beräkna substansmängd, massa eller antal. Ange endast svaret i denna uppgift, inga uträkningar redovisas!

- a) Hur stor massa (gram) utgör 2,45 mol Fe? **137 gram**  
b) Hur stor substansmängd (mol) utgör 13,6 g HNO<sub>3</sub>? **0,216 mol**  
c) Hur många titanatomer (stycken) finns i 1,12 g TiO<sub>2</sub>? **8,44·10<sup>21</sup> stycken** (3p)

3. En saltsyralösning titrerades med en natriumhydroxidlösning. Natriumhydroxidlösningen hade koncentrationen 0,100 mol/dm<sup>3</sup> och volymen som användes var 25,0 cm<sup>3</sup>. Av saltsyralösningen behövdes 37,5 cm<sup>3</sup> för att nå titrerpunkten.

a) Skriv den balanserade reaktionsformeln för titreringen.



b) Vilken koncentration hade saltsyralösningen?

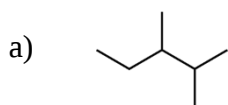
$$c_1 \cdot v_1 = c_2 \cdot v_2 \Rightarrow c_1 = c_2 \cdot v_2 / v_1 = 0,100 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0250 \text{ dm}^3 / 0,0375 \text{ dm}^3 = \underline{\underline{0,0667 \text{ mol/dm}^3}}$$

Redovisa fullständig lösning!

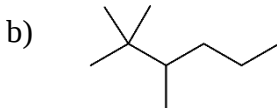
(4p)

4. I denna uppgift ska du namnge och rita streckformler för organiska kolväten.

Ange rationellt namn på följande alkaner



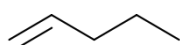
**2,3-dimetylpentan**



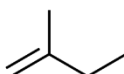
**2,2,3-trimetylhexan**

Rita streckformler för följande alkener

c) 1-penten



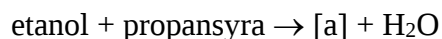
d) 2-metyl-1-buten



(8p)

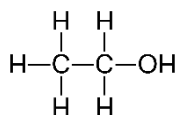
5. När en alkohol och en karboxylsyra reagerar bildas en ester.

a) Namnge föreningen [a] som bildas i reaktionen

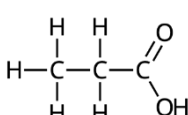


### Etylpropanoat

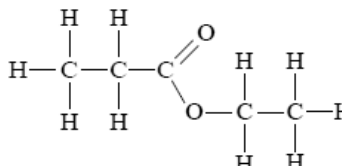
b) Rita upp strukturformlerna ( $\text{H}-\text{C}-\dots\dots$ ) för etanol, propansyra och föreningen [a].



(etanol)



(propansyra)



([a])

- c) Vad kallas den kemiska reaktionstyp där vatten bildas som en av produkterna? (7p)

**Kondensationsreaktion**

6. Du har en bägare med 65,0 cm<sup>3</sup> salpetersyra med koncentrationen 0,035 mol/dm<sup>3</sup>. Salpetersyran blandas med 35,0 cm<sup>3</sup> saltsyra med koncentrationen 0,015 mol/dm<sup>3</sup>.

a) Beräkna vätejonkoncentrationen efter att de två lösningarna har blandats.

$$n(\text{HNO}_3) = 0,035 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,065 \text{ dm}^3 = 2,275 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = 0,015 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,035 \text{ dm}^3 = 5,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+] = (2,275 \cdot 10^{-3} \text{ mol} + 5,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol}) / (0,065 \text{ dm}^3 + 0,035 \text{ dm}^3) = \underline{0,028 \text{ mol/dm}^3}$$

b) Vilket pH har blandningen?

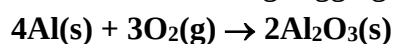
$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(0,028) = \underline{1,6}$$

(5p)

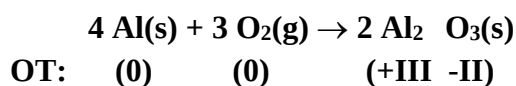
7. Aluminiummetall är mycket sällsynt i metallisk form i naturen. Processen att förädla den från malmer är komplex, så under större delen av mänsklighetens historia har aluminium varit okänt. Idag produceras aluminium i större kvantiteter än alla andra "icke-järnmetaller" tillsammans. Metallen är ovanligt lätt och den är mycket formbar. Den skyddas av ett skikt av aluminiumoxid, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, som förhindrar fortsatt oxidation av metallen. Metallen används därför bland annat till cyklar, båtar, bildelar och stegar. Andra användningsområden är aluminiumfolie och förpackningar som läskedrycksburkar. Aluminium är en så kallad vätgasutdrivande metall, det vill säga den reagerar i sur lösning under bildandet av vätgas.



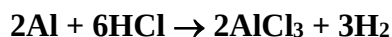
- a) Skriv en balanserad reaktionsformeln när aluminium reagerar med syrgas under bildandet av aluminiumoxid. Ange aggregationstillstånden!



- b) Sätt ut oxidationstal för alla ämnen som ingår i reaktanter och produkter för reaktionen som sker i uppgift a).



- c) Skriv en balanserad reaktionsformeln när aluminium reagerar med saltsyra under bildandet av vätgas.



- d) Är syran i uppgift c) ett reduktionsmedel eller oxidationsmedel? Motivera ditt svar!  
**Syran är ett oxidationsmedel då den oxiderar aluminium från OT (0) till (+III)**

- e) Hur stor är volymen vätgas som bildas om 10,0 g aluminium reagerar i ett överskott av saltsyra? Antag att gasen som bildas är en ideal gas och att temperaturen är 25,0°C och trycket 101,3 kPa. Visa beräkningsgången! (9p)

$$PV = nRT$$

$$n(\text{Al}) = 10,0 \text{ g} / 26,98 \text{ g/mol} = 0,370644922 \text{ mol}$$



$$V = nRT / P = (3/2) \cdot 0,370644922 \text{ mol} \cdot 8,314 \cdot 298,15 \text{ K} / 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,3604566 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\text{Svar: } 13,6 \text{ dm}^3 \text{ H}_2$$

8. Ange kemisk bindning, dominerande intermolekylär kraft och elektronformel (Lewisstruktur) för föreningarna NH<sub>3</sub> och CH<sub>4</sub>.

Rita av tabellen nedan och redovisa dina svar:

| Förening        | Kemisk bindning | Dominerande intermolekylär kraft | Elektronformel (Lewisstruktur)                                                              |
|-----------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| NH <sub>3</sub> | Polär kovalent  | Vätebindning                     | $\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$           |
| CH <sub>4</sub> | Kovalent        | van der Waals (vdW)              | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ |

(6p)

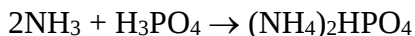
9. Europa har ett starkt importberoende (till 90 %) av fosfor. Fosfor importeras huvudsakligen från Marocko och Ryssland. Fosfor används främst för att tillverka konstgödsel som används inom jordbruket. För de så kallade sällsynta jordartsmetaller så är beroendet ännu större då 98% importeras från Kina. De sällsynta jordartsmetallerna är mycket viktiga metaller som ingår i många av de elektroniska komponenter som använts för elektrifieringen av samhället.



LKAB tillkännagav nyligen att de upptäckt stora fyndigheter av brytbar fosfor och sällsynta jordartsmetaller i Kiruna, Malmberget och Svappavaara. Denna upptäckt har även en politisk dimension då den kan leda till att EU i framtiden kan bli självförsörjande på fosfor och sällsynta jordartsmetaller. Det finns också andra aspekter som måste tas i beaktande såsom miljöpåverkan och samers rätt att bedriva traditionell renskötsel i de områden som exploateras.

Volymerna är stora och halterna höga. I Malmberget finns 1,4 miljarder ton med en snitthalt på 0,58 mass% fosfor. I Kiruna lika mycket med en snitthalt på 0,33 mass% och i Svappavaara 800 miljoner ton med ett snitt på 0,49 mass%. I Per Geijer-fyndigheten, norr om Kiruna, är tillgången 400 miljoner ton med ett snitt på hela 2,73 mass% fosfor.

- a) Tillverkning av konstgödsel,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , utgår från ammoniak och fosforsyra och kan kemiskt beskrivas med reaktionen



Hur stor massa konstgödsel kan maximalt tillverkas från 1,00 ton malm från Per Geijer-fyndigheten? Visa beräkningsgången!

$$1 \text{ ton malm} \Rightarrow m(\text{fosfor}) = 1000 \text{ kg} \cdot 0,0273 = 27,3 \text{ kg}$$

$$n(\text{fosfor}) = 27,3 \cdot 10^3 \text{ g} / 30,97 \text{ g/mol} = 881,49822241 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol fosfor, P, från malmen} \Leftrightarrow 1 \text{ mol H}_3\text{PO}_4 \text{ och } 1 \text{ mol H}_3\text{PO}_4 \Leftrightarrow 1 \text{ mol } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$$

$$\Rightarrow 1 \text{ mol fosfor, P, från malmen} \Leftrightarrow 1 \text{ mol } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = (1/1) \cdot 881,49822241 \text{ mol} \cdot 132,09 \text{ g/mol} = 116437,1002 \text{ gram}$$

**Svar: 116 kg konstgödsel kan maximalt produceras**

I LKAB:s malmer är de sällsynta jordartsmetallerna, liksom fosfor, bundna i apatiten (kalciumfosfatmineral). De sällsynta jordartsmetallerna förekommer alltid i grupp, främst som mineralen monazit och allanit, då som små ”stavar” eller korn som är ”inbakade” i apatiten. Mineraldillgångarna av sällsynta jordartsmetaller i Kiruna är 1,4 miljarder ton med en snitthalt på 163 gram per ton (ppm). I Malmberget finns en lika stor mängd men med en snitthalt på 227 gram per ton (ppm) sällsynta jordartsmetaller.

- b) I elbilar används den sällsynta jordartsmetallen neodym, Nd, i de kraftfulla permanentmagneterna som ingår i motorerna. Det behövs i genomsnitt 500 gram neodym i den magnetdrivna motorn. Hur mycket (massa) malm måste brytas i Malmberget för att framställa 500 gram neodym om neodym utgör 10 mass% av det totala innehållet av sällsynta jordartsmetaller? Visa beräkningsgången!

**Sätt massan av malm till X ton**

$$X \text{ ton} \cdot 227 \text{ gram/ton} \cdot 0,10 = 500 \text{ gram} \Rightarrow X \text{ ton} = 500 \text{ gram} / (227 \text{ gram/ton} \cdot 0,10) = 22,0264 \text{ ton}$$

**Svar: 22 ton malm måste brytas för att få 500 g neodym**

- c) Om mineralet monazit endast innehåller neodym kan det tecknas som  $\text{NdPO}_4$ . Vad är oxidationstalen för neodym, fosfor och syre i föreningen?

**OT: Nd(+III), P(+V), O(-II)**

- d) Neodym förekommer som ett flertal isotoper. Den vanligast förekommande isotopen är  $^{142}_{60}\text{Nd}$ . Hur många elektroner, protoner och neutroner finns i  $^{142}_{60}\text{Nd}$ ?

**60 elektroner, 60 protoner,  $142 - 60 = 82$  neutroner** (12p)

10. I choklad finns teobromin och i kaffe finns koffein. Båda molekylerna är ganska lika, vilket kan ses i strukturformlerna nedan.

- a) Vad är ämnenas respektive summaformel (skriv på formen  $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z\text{O}_q$ )?

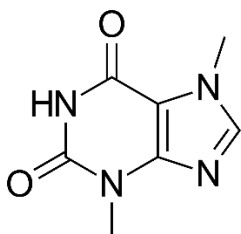
**Koffein:  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$**

**Teobromin:  $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_2$**

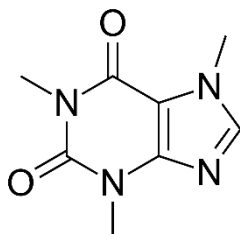
- b) Vad är ämnenas molmassor?

**$M(\text{koffein}) = 194,19 \text{ g/mol}$**

**$M(\text{teobromin}) = 180,16 \text{ g/mol}$**



*Teobromin*



*Koffein*

- c) Hur mycket koffein en kopp kaffe innehåller beror givetvis på kvantiteten kaffepulver som använts. Mängden teobromin som finns i chokladen beror på kakaohalten. Antag att vanligt bryggkaffe innehåller 44,5 mg koffein per deciliter och att mörk choklad innehåller 20,0 mg teobromin per gram choklad. Hur mycket koffein och teobromin (i mol) får du i dig om du fikar och dricker 2,50 dl kaffe och äter 20,0 gram mörk choklad?

Visa beräkningsgången!

$$m(\text{koffein}) = 44,5 \text{ mg/dl} \cdot 2,50 \text{ dl} = 111,25 \text{ mg}$$

$$n(\text{koffein}) = 111,25 \cdot 10^{-3} \text{ g} / 194,19 \text{ g/mol} = \underline{5,73 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}$$

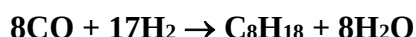
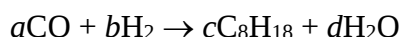
$$m(\text{teobromin}) = 20,0 \text{ mg/g} \cdot 20,0 \text{ g} = 400 \text{ mg}$$

$$n(\text{teobromin}) = 400 \text{ mg} / 180,16 \text{ g/mol} = \underline{2,22 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}$$

(7p)

11. Förgasning är en process där fasta bränslen (fossila eller biomassa) omvandlas till gaser. Anpassar man processen så kan man utvinna så kallad syntesgas, en blandning av  $H_2$  och  $CO$ , som kan användas för att framställa till exempel flytande bränslen som bensin och diesel. Denna process kallas för Fischer-Tropsch och uppfanns i Tyskland år 1925. Processen var viktig för att tyskarna skulle kunna producera sin egen diesel och bensin efter andra världskrigets krigsutbrott, då de inte hade några egna oljekällor men i stället stora kolfyndigheter. Idag har denna process på nytt fått uppmärksamhet då det är en process som kan användas för att framställa biobaserad bensin och diesel från fast biomassa så som skogsavfall.

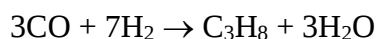
- a) Balansera följande reaktion med heltalskoefficienter, där ett kolväte syntetiseras från syntesgas.



- b) Ange namnet på kolvätet som bildats i uppgift a).

**Oktan (n-oktan) (rätt namn på andra kolväten med summaformeln  $C_8H_{18}$  är också okej)**

- c) Beräkna entalpin,  $\Delta H$ , utifrån bindningsenergierna för reaktionen



Är reaktionen exoterm eller endoterm? Visa dina beräkningar och motivera ditt svar.

Bindningsenergier:

|                           |                 |                 |
|---------------------------|-----------------|-----------------|
| $C\equiv O$ : 1077 kJ/mol | C-H: 413 kJ/mol | O-H: 464 kJ/mol |
| H-H: 436 kJ/mol           | C-C: 347 kJ/mol |                 |

#### Reaktanter

$$3CO: 3 \times C\equiv O: 3 \times 1077 \text{ kJ/mol} = 3231 \text{ kJ/mol}$$

$$7H_2: 7 \times H-H: 7 \times 436 \text{ kJ/mol} = 3052 \text{ kJ/mol}$$

---


$$6283 \text{ kJ/mol}$$

#### Produkter

$$C_3H_8: 8 \times C-H: 8 \times 413 \text{ kJ/mol} = 3304 \text{ kJ/mol}$$

$$2 \times C-C: 2 \times 347 \text{ kJ/mol} = 694 \text{ kJ/mol}$$

$$3H_2O: 3 \times 2 \text{ O-H: } 3 \times 2 \times 464 \text{ kJ/mol} = 2784 \text{ kJ/mol}$$

---

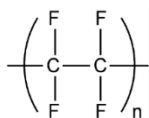

$$6782 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H = \text{bindningsenergin reaktanter} - \text{bindningsenergin produkter} = \\ = (6283 - 6782) \text{ kJ/mol} = -499 \text{ kJ/mol}$$

Reaktionen är exoterm och det frigörs energi (negativ entalpi och bindningsstyrkan är störst i produkterna)

(7p)

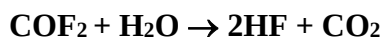
12. Teflon är ett vanligt material i svenska hem. Det används bland annat som beläggning i stekpannor och kastruller då det är fettavvisande och värmetålig. Teflon skapades av misstag. Syftet var att ta fram ett nytt köldmedel, men pulvret som man syntetiserade var inte lämpligt för detta ändamål utan visade sig i stället passa för andra applikationer. Teflon är en syntetisk polymer som kan beskrivas med följande formel, där  $n$  är ett heltal som anger längden av polymerkedjan:



Lagom stektemperatur brukar vara 170-180°C (då smöret tystnar i pannan) och man bör aldrig heta upp en stekpanna över 220°C. Om man råkar laga mat i stekpannor med teflonbeläggning i temperaturer över 300°C kan teflon likväl som andra polymerer sönderfalla. En av produkterna som kan formas när teflon sönderfaller är det giftiga och cancerogena ämnet karbonylfluorid ( $\text{COF}_2$ ). Sönderfallet av teflonpolymeren,  $n\text{C}_2\text{F}_4$ , under bildandet av karbonylfluorid, sker enligt reaktionsformeln:



- a) Karbonylfluorid är en giftig gas som vid kontakt med vatten eller vattenånga kan omvandlas till vätefluorid, HF, och koldioxid. Skriv den balanserade reaktionsformeln för reaktionen som sker.



- b) Beräkna massan av HF som kan bildas om all teflonbeläggning i en stekpanna sönderfaller under upphettning. En rund standardpanna (Area =  $\pi \cdot r^2$ ) är 28,0 cm i diameter och har en teflonbeläggning på 0,200  $\mu\text{m}$  (1  $\mu\text{m} = 10^{-6}$  m). Teflon har densitet på 2,20  $\text{g/cm}^3$ . Visa fullständiga lösningar!

$$v(\text{teflon}) = A \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot (14,0 \text{ cm})^2 \cdot 0,200 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 1,2315043 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3$$

$$m(\text{teflon}) = 2,20 \text{ g/cm}^3 \cdot 1,2315043 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3 = 0,027093095 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Mass\% F i teflon} &= (4 \cdot M(\text{F}) / (2 \cdot M(\text{C}) + 4 \cdot M(\text{F}))) \cdot 100\% = \\ &= (4 \cdot 19,00 \text{ g/mol} / (2 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 4 \cdot 19,00 \text{ g/mol})) \cdot 100\% = 75,98480304\% \end{aligned}$$

$$m(\text{F i teflon}) = 0,027093095 \text{ gram} \cdot 0,75,98480304 = 0,020586635 \text{ gram}$$

$$n(\text{F i teflon}) = 0,020586635 \text{ gram} / 19,00 \text{ g/mol} = 1,083507 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol F i teflon} \Leftrightarrow 1 \text{ mol HF}$$

$$m(\text{HF}) = (1/1) \cdot 1,083507 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 20,008 \text{ g/mol} = \underline{\underline{21,7 \text{ mg HF}}}$$

13. *Northstream* pipelines är 1200 km långa och byggdes på Östersjöns havsbotten för att transportera rysk naturgas direkt från Ryssland till Tyskland. Varje pipeline består av två rör med innerdiametern 1,15 m. Gasledningarna är trycksatta med 22 MPa ( $1 \text{ MPa} = 1 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ ) naturgas. *Northstream 1* färdigställdes 2012 och har en kapacitet på 55 miljarder  $\text{m}^3$  naturgas per år. Sedan juni 2022 har leveransen dock minskat kraftig på grund av olika ”underhållsproblem”. *Northstream 2* blev klar hösten 2021 men togs aldrig i drift. I september 2022 saboterades *Northstream 1* och 2 pipelines nära Bornholm genom sprängningar. Naturgas består av olika kolväten med metan som huvudkomponent. För uppgiften antas att naturgas består endast av metan och att gasen är ideal. Gasens temperatur i gasledningarna antas var  $4^\circ\text{C}$ .

- a) Det är oklart exakt hur mycket gas som läckte ut vid explosionerna. *Northstream 2* ska ha varit fullt trycksatt när explosionerna skedde. Beräkna substansmängden och massan som släpptes ut ur *Northstream 2* (två rör) under antagandet att all gas läckte ut. (Hjälp:  $A = \pi \cdot r^2$ ) Visa beräkningsgången!

$$PV = nRT$$

I ett rör:

$$V(\text{metan}) = A \cdot l = \pi \cdot r^2 \cdot l = \pi \cdot (0,575 \text{ m})^2 \cdot 1200 \cdot 10^3 \text{ m} = 1,246426885 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$n = PV / RT = (22 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 1,246426885 \cdot 10^6 \text{ m}^3) / (8,314 \cdot 277,15 \text{ K}) = 1,190048293 \cdot 10^{10} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \underline{1,2 \cdot 10^{10} \text{ mol metan}}$$

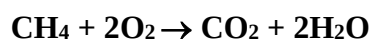
$$m = M \cdot n = 16,042 \text{ g/mol} \cdot 1,190048293 \cdot 10^{10} \text{ mol} = 1,909075472 \cdot 10^{11} \text{ gram}$$

I två rör:

$$2 \cdot 1,909075472 \cdot 10^{11} \text{ gram} = 3,818150944 \cdot 10^{11} \text{ gram}$$

Svar:  $3,8 \cdot 10^8 \text{ kg}$  ( $3,8 \cdot 10^5 \text{ ton}$  eller  $0,38 \text{ miljoner ton}$ )

- b) Skriv en balanserad reaktion för förbränningen av metan.



- c) Vilken volym ( $\text{m}^3$ ) koldioxid, vid trycket 101,3 kPa och  $t = 20^\circ\text{C}$ , bildas vid förbränning av en gasmängd som motsvarar  $1,00 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$  med trycket 22 MPa och  $t = 4^\circ\text{C}$ ?

Visa beräkningsgången!

(9p)

$$PV = nRT$$

$$n(\text{metan}) = PV / RT = (22 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 1,00 \text{ m}^3) / (8,314 \cdot 277,15 \text{ K}) = 9,547678306 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

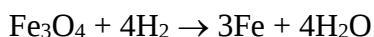


$$PV = nRT$$

$$V = nRT / P = (1/1) \cdot 9,547678306 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot 8,314 \cdot 293,15 \text{ K} / 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 229,7144 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \underline{230 \text{ m}^3 \text{ koldioxid bildas}}$$

14. En av de mest effektiva metoder för att minska länders koldioxidutsläpp är att byta från fossila energikällor till förnyelsebara. Elektrifiering av olika sektorer i samhället är en metod för att bryta från de etablerade processerna som drivs av fossila bränslen. Stålintustrin står inför en massiv omställning när de byter till vätgas i stället för kol. Det svenska företaget SSAB driver projektet HYBRIT som producerade sin första batch ”grönt” stål i augusti år 2021. Antag att råvaran är magnetitmalm och att tillverkningen sker enligt följande reaktion:



- a) Uppskattningsvis tillverkas det i Sverige 4 000 000 ton stål (antag rent Fe) per år. Hur mycket vätgas per år (ton) behövs produceras för att allt stål i Sverige ska kunna produceras med denna nya vätgasbaserade process? Visa beräkningsgången!

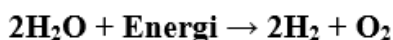
$$n(\text{Fe, stål}) = m / M = 4 \cdot 10^{12} \text{ gram} / 55,85 \text{ g/mol} = 7,162041182 \cdot 10^{10} \text{ mol}$$



$$m(\text{H}_2) = (4/3) \cdot 7,162041182 \cdot 10^{10} \text{ mol} \cdot 2,016 \text{ g/mol} = 1,92515667 \cdot 10^{11} \text{ gram} \\ \Rightarrow \underline{\underline{193\,000 \text{ ton vätgas}}}$$

Vätgasen till HYBRIT tillverkas av företaget Vattenfall genom elektrolys av vatten.

- b) Skriv upp den balanserade reaktionsformeln för bildandet av vätgas genom elektrolys av vatten där ”Energi” står på en sida av reaktionstecknet.



- c) För framställningen av 1,00 g vätgas, hur stor massa syrgas bildas? Visa beräkningsgången!

$$n(\text{H}_2) = 1,00 \text{ g} / 2,016 \text{ g/mol} = 0,496031746 \text{ mol}$$

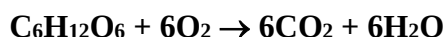


$$m(\text{O}_2) = (1/2) \cdot 0,496031746 \text{ mol} \cdot 32,00 \text{ g/mol} = 7,936508 \text{ gram}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{7,94 \text{ gram O}_2}}$$

Koldioxidinfångning genom olika metoder kommer med största sannolikhet vara något som kommer öka kraftigt de närmaste åren. Detta gör det möjligt att nå målet för de globala koldioxidutsläppen och för att hantera den globala uppvärmningen. En av de effektivaste metoderna för koldioxidinfångning är att fånga koldioxiden från förbränningskraftverk. Om biomassa används i kraftverken kommer det att kunna generera negativa nettoutsläpp av koldioxid.

- d) Oxy-fuel förbränning är en metod för att separera koldioxiden. Då används ren syrgas i stället för luft för att oxidera bränslet. Antag att biomassa består av  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Skriv upp förbränningsreaktionen (fullständig förbränning) av biomassa.



- e) Hur mycket (massa) biomassa kan förbrännas med den syrgas som bildas från den fullskaliga HYBRIT-processen (för tillverkning av 4 miljoner ton stål) i Sverige som beskrivs i uppgifterna a) – c)? Om du inte löst uppgifterna a) – c) antag då att  $n(\text{O}_2) = 50 \cdot 10^9 \text{ mol}$ . Visa beräkningsgången! (12p)

**Total substansmängd vätgas som förbrukas vid stålframställningen  $\Rightarrow$**

$$n(\text{H}_2) = (4/3) \cdot 7,162041182 \cdot 10^{10} \text{ mol} = 9,549388243 \cdot 10^{10} \text{ mol}$$

**Substansmängd syrgas som bildas vid elektrolys för att producera vätgasen  $\Rightarrow$**



$$n(\text{O}_2) = (1/2) \cdot 9,549388243 \cdot 10^{10} \text{ mol} = 4,774694121 \cdot 10^{10} \text{ mol}$$

**Massan biomassa som kan förbrännas  $\Rightarrow$**



$$m(\text{biomassa}) = (1/6) \cdot 4,774694121 \cdot 10^{10} \text{ mol} \cdot 180,16 \text{ g/mol} = 1,433681502 \cdot 10^{12} \text{ gram} \Rightarrow$$

**$\Rightarrow$  1,43 miljoner ton biomassa kan förbrännas**

**Lycka till!**