



Chalmers Tekniska Högskola
Institutionen för Kemi och kemiteknik

TENTAMEN

KURSNAMN	Kemi
PROGRAM: år	Tekniskt Basår 2021/2022
KURSBETECKNING	LET924/KBT320/LET923
EXAMINATOR	Ulf Jäglid
TID FÖR TENTAMEN	Tisdag 11 januari em 2022, Lindholmen
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd (Chalmers-godkänd) räknare, ”Formler och Tabeller”, valfri upplaga, (Natur och Kultur)
HUVUDANSVARIGA LÄRARE:	Ulf Jäglid (031-772 5702) Jan Froitzheim (031-772 2858) Robin Faust
DATUM FÖR ANSLAG av resultat	Senast den 1 februari
TENTAMENSUTLÄMNING	Tid och plats för utlämning av tentamen meddelas senare
ÖVRIG INFORMATION Tentamen omfattar totalt 100 p. 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) BaSO ₄ | Bariumsulfat |
| b) Magnesiumklorid | MgCl₂ |
| c) ZnO | Zinkoxid |
| d) Kaliumjodid | KI |
| e) Litiumkarbonat | Li₂CO₃ |
| f) NaNO ₃ | Natriumnitrat |

(6p)

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

- | | |
|---|-------------------------------------|
| a) Hur stor massa (gram) utgör 0,82 mol Ag? | 88,5 gram |
| b) Hur stor substansmängd (mol) utgör 0,36 g H ₂ SO ₄ ? | 3,7·10⁻³ mol |
| c) Hur många guldatomer (stycken) finns i 1,00 g AuCl ₃ ? | 1,99·10²¹ stycken |

(3p)

3. I en bägare A finns 50,0 cm³ HNO₃(aq)-lösning med koncentrationen 0,035 mol/dm³.
I en annan bägare B finns 70,0 cm³ HCl(aq)-lösning med koncentrationen 0,015 mol/dm³.

a) Beräkna pH i bägare A respektive B.

Bägare A: pH = -log[H⁺] = -log(0,035) = 1,46

Bägare B: pH = -log[H⁺] = -log(0,015) = 1,82

b) Innehållet i bägare A och B hålls ner i en bägare C. Vad är vätejonskoncentrationen och pH i bägaren C? (6p)

Bägare C: $c(C) = (0,050 \text{ dm}^3 \cdot 0,035 \text{ mol/dm}^3 + 0,070 \text{ dm}^3 \cdot 0,015 \text{ mol/dm}^3) / 0,120 \text{ dm}^3 = 0,02333 \text{ mol/dm}^3$
pH = -log[H⁺] = -log(0,0233) = 1,63

4. I chemical-looping-combustion (CLC) används små ilmenitpartiklar för att transportera syre från en syrerik till en syrefattig reaktor. En av fördelarna med denna teknik är att man ”separerar ut syre” från luften och får en effektivare förbränning av till exempel biomassa då man undviker oönskade reaktioner med kväve och andra gaser som finns i luft.

I den syrerika reaktorn oxideras ilmenit (FeTiO_3) i luft till Fe_2TiO_5 och TiO_2 (båda ”bär” syre) enligt reaktionsformeln:

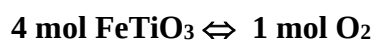


a) Balansera reaktionen där ilmenit oxideras i luft (reaktionen ovan).



b) Hur många kg syrgas kan 3000 kg ilmenit ”ta upp”?

$$n(\text{FeTiO}_3) = 3000 \cdot 10^3 \text{ gram} / 151,73 \text{ g/mol} = 19771,96 \text{ mol}$$



$$m(\text{O}_2) = (1/4) \cdot 19771,96 \text{ mol} \cdot 32,00 \text{ g/mol} = 158175,7 \text{ gram} \Rightarrow 158 \text{ kg O}_2$$

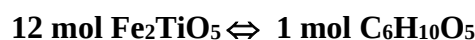
I den syrefattiga reaktorn reagerar Fe_2TiO_5 och TiO_2 tillbaka till ilmenit via reaktion med bränslet som utgörs av cellulosa (=biomassa), $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ enligt



b) Hur många kg cellulosa kan oxideras av 2000 kg Fe_2TiO_5 ?

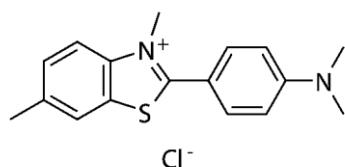
(7p)

$$n(\text{Fe}_2\text{TiO}_5) = 2000 \cdot 10^3 \text{ gram} / 239,58 \text{ g/mol} = 8347,94 \text{ mol}$$



$$m(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}) = (1/12) \cdot 8347,94 \text{ mol} \cdot 162,14 \text{ g/mol} = 112735 \text{ gram} \Rightarrow 113 \text{ kg C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$$

5. Thioflavin T (ThT) är ett ämne som är fluorescerande när det är bundet till proteinaggregat men inte när det är fritt i lösning. Därför är det användbart för att till exempel studera de proteinaggregat som bildas i hjärnan vid Alzheimers. Summaformeln för ThT är $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{ClN}_2\text{S}$.



- a) Om man köper en burk med 5,00 g ThT och tillsätter 10,0 cm^3 buffertlösning – vad blir koncentrationen ThT uttryckt i mol/dm^3

$$c(\text{ThT}) = (5,00 \text{ gram} / 318,862 \text{ gram/mol}) / 0,0100 \text{ dm}^3 = 1,568 \text{ mol /dm}^3$$

$$\Rightarrow 1,57 \text{ mol/dm}^3$$

- b) Proteinaggregaten består av monomerer som binds till varandra i långa kedjor. En ThT-molekyl binder över 5 sådana monomerer (se schematisk bild nedan). Om man har en 5,0 cm³ lösning med koncentrationen 0,20·10⁻³ mol/dm³ med avseende på monomer. Hur mycket Tht (ange i mol) kan binda till detta prov om man antar att alla monomerer bildat aggregat innan ThT tillsätts.



(schematisk bild över hur ThT (långa) binder ett proteinaggregat (korta))

$$n(\text{monomer}) = 0,0050 \text{ dm}^3 \cdot 0,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

1 Tht-molekyl binder till 5 monomerer $\Rightarrow$

$$n(\text{Tht som binder}) = (1/5) \cdot 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol} = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

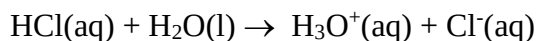
(5p)

6. Ange den kemiska bindningstypen (mellan atomerna) och elektronformeln (Lewisstrukturen) Redovisa svaren i tabellform (mall se nedan).

Ämne	Typ av kemisk bindning	Elektronformel
NH ₃	Polär kovalent	$\begin{array}{c} \text{H} - \ddot{\text{N}} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
CH ₄	Kovalent	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
HCl	Polär kovalent	$\text{H} - \ddot{\text{Cl}}:$

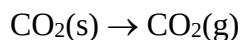
(6p)

7. a) Ange de korresponderande syra/bas-paren för reaktionen:



Syra/bas-par: HCl/Cl⁻ och H₃O⁺/H₂O

- b) Vad kallas det när ett ämne går från fast fas direkt till gasfas?



Sublimering (eller sublimation)

- d) Ange antal protoner, neutroner och elektroner för ⁴⁴Ca²⁺.

Protoner: 20 st

Neutroner: 24 st

Elektroner: 18 st

- e) I en lösning är pH = 8,5, vad är pOH?

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 8,5 = 5,5$$

- f) Vad är en amfolyt?

(10p)

**Kemisk förening som både kan vara en syra och bas
(beroende på "omgivningen")**

8. En TB-kemilärare lämnar blod regelbundet. Vid blodgivning lämnas 450 cm³ blod. Kemiläraren brukar ha ett hemoglobinvärde (Hb-värde) på 140 gram/dm³. I blodet finns hemoglobinmolekyler som enligt Wikipedia innehåller 4 järnatomer och har en total molmassa på 16 000 g/mol. För att kompensera för järnförlusten tar kemiläraren järntabletter efter varje blodgivningstillfälle.



- a) Hur många järntabletter, som innehåller 100 mg Fe²⁺ per tablett, måste läraren ta för att kompensera järnförlusten efter blodgivningen? Anta att allt järn i tabletterna binds in i nya hemoglobinmolekyler.

"Förlorat" hemoglobin:

$$n(\text{hemoglobin}) = (140 \text{ gram/dm}^3 \cdot 0,450 \text{ dm}^3) / 16000 \text{ g/mol} = 3,9375 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

"Förlorat" järn:



$$n(\text{Fe}^{2+}) = (4/1) \cdot 3,9375 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 1,575 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Substansmängd i 1 st Fe²⁺-tablett:

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 0,100 \text{ gram} / 55,85 \text{ g/mol} = 1,790510 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Antal tabletter} = 1,575 \cdot 10^{-2} \text{ mol} / 1,790510 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 8,7964 \text{ tabletter}$$

⇒ 9 tabletter (eller 8,8 tabletter)

- b) Kemiläraren har diskuterat sitt intag av järntabletter med sin tyska kusin som är läkare. Kusinen förklarar dock att det är bara någon/några få procent av järnet som tas upp av kroppen. Anta att 1,5% av järnet (med avseende på antalet) binds in i nya hemoglobinmolekyler. Hur många järntabletter måste kemiläraren ta för att fullt kompensera järnförlusten efter blodgivningen? (6p)

$$1,5\% \text{ av järnet} = 0,015 \cdot 1,790510 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,685765 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\text{Antal tabletter} = 1,575 \cdot 10^{-2} \text{ mol} / 2,685765 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 586,435 \text{ tabletter}$$

⇒ 586 tabletter (eller 586,4 tabletter)

9. För att kemiska reaktioner ska vara spontana och ske är kravet att den totala entropin ökar. Motivera om reaktionerna a) - c) är spontana, utifrån entalpiändringen och fasövergångarna när reaktanter övergår till produkter. Ange i förekommande fall villkoret som måste vara uppfyllt för att reaktion ska vara spontan.

Använd följande begrepp i motiveringen:

”Exoterm”

”Endoterm”

”Mer oordnade produkter beroende på

”Mindre oordnade produkter beroende på.....

- a) $X(s) + Y(s) \rightarrow Z(s) + Q(g) + \text{värme}$
Exoterm – Entropin i omgivningen ökar
”Mer oordnade produkt beroende på att det bildas gas – Entropin för reaktionen ökar
⇒ Alltid spontan
- b) $X(g) \rightarrow Y(l) + \text{värme}$
Exoterm – Entropin i omgivningen ökar
”Mindre oordnad produkt beroende på att gas bildar vätska – Entropin för reaktionen minskar
⇒ Spontan om entropiökningen i omgivningen > entropiminskningen för reaktionen
- c) $X(g) + Y(g) + \text{värme} \rightarrow Z(l) + Q(s)$
Endoterm – Entropin i omgivningen minskar
”Mindre oordnad produkt beroende på att gas bildar vätska och fast fas – Entropin för reaktionen minskar
⇒ Aldrig spontan

(6p)

10. Ange den dominerande intermolekylära kraften för följande ämnen

- | | |
|---|------------------------------------|
| a) H ₂ O | Vätebindning |
| b) C ₂ H ₆ (etan) | van der Waals (Londonkraft) |
| c) Kr | van der Waals (Londonkraft) |

(3p)

11. Ett viktigt smakämne i saltlakrits är salmiak (ammoniumklorid). Vid upphettning av ammoniumklorid bildas två gaser enligt reaktionen



Vid kemisk analys upphettas 1,00 gram saltlakrits. Den bildade gasen leds först genom en absorber som tar upp NH₃(g). Gasströmmen av HCl(g) leds därefter vidare och bubblas ner i 25,00 cm³ vatten. Lösningen titreras med 0,0250 mol/dm³ NaOH(aq)-lösning. Det åtgår 37,40 cm³ NaOH(aq)-lösning för att nå titrerpunkten. Hur mycket salmiak (ammoniumklorid) finns i 1,00 gram saltlakrits?



"File:Pingvin Lakrits Zap.png" by Tita Monto is licensed under CC-BY-SA

(7p)

Titrerreaktion : H⁺ + OH⁻ → H₂O

Molförhållandet vid titrering : 1 mol H⁺ ⇔ 1 mol OH⁻

$$n(\text{HCl}) = (1/1) \cdot 0,0250 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,03740 \text{ dm}^3 = 9,35 \cdot 10^{-4} \text{ mol HCl}$$

Molförhållandet vid uträkningen: 1 mol HCl ⇔ 1 mol NH₄Cl

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = (1/1) \cdot 9,35 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 53,492 \text{ g/mol} = 0,0500 \text{ gram}$$

Det finns 50,0 mg (ok med 9,35·10⁻⁴ mol) salmiak i 1,00 gram saltlakrits

12. Nu i samband med Cementa-krisen kan det vara lägligt att lära sig lite mer om cementkemi. En av huvudingredienserna i cement är kalksten (CaCO₃) som bryts på Gotland. För att tillverka cement bränns kalksten tillsammans med lämpligt lermineral vid 1450°C. Kalkstenen kommer i ett första steg brännas (kalcineras) till kalciumoxid (CaO) och koldioxid.

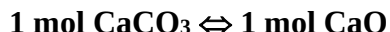
- a) Skriv upp den balanserade reaktionsformeln när kalksten bränns (kalcineras).



- b) En viss noggrann uppmätt mängd lermineral kräver 10 ton bränd kalk (CaO) för att reaktion vid 1450°C ska bilda cement. Hur mycket kalksten behövs och hur mycket

koldioxid kommer att bildas vid tillverkningen?

$$n(\text{CaO}) = 1 \cdot 10^7 \text{ g} / 56,08 \text{ g/mol} = 178316,7 \text{ mol}$$

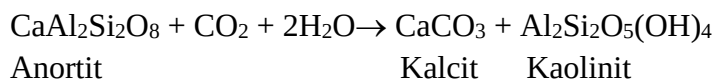
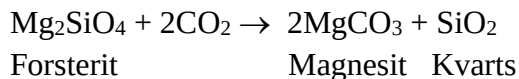


$$m(\text{CaCO}_3) = (1/1) \cdot 178316,7 \text{ mol} \cdot 100,09 \text{ g/mol} = 17847718 \text{ gram} \Rightarrow 17,847718 \text{ ton} \Rightarrow 18 \text{ ton}$$



$$m(\text{CO}_2) = (1/1) \cdot 178316,7 \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g/mol} = 7847718 \text{ gram} \Rightarrow 7,847718 \text{ ton} \Rightarrow 8 \text{ ton}$$

- c) Cementproduktion världen över släpper ut ca 5-8% av den totala koldioxiden. Detta beror på att framställningsprocessen är energikrävande och att det bildas koldioxid vid själva bränningen av kalken. Slite bruk på Gotland utreder nu möjligheten att använda *koldioxidinfångningsteknik* (CCS) och sedan skeppa koldioxiden till Norge där den pumpas ner i borrhål långt under havsbotten. I de djupa borrhålen är trycket mycket högt och koldioxid kan bland annat reagera med den vulkaniska mineralen basalt. Några av reaktionerna som fångar koldioxiden och formar nya stabila mineraler är:



Om 1,00 kg CO₂ pumpas ner i ett område som innehåller torr (inget vatten) 50/50 mol% forsterit och anortit. Hur mycket vattenånga behövs pumpas ner med koldioxiden? Ange svaret i kg H₂O per kg CO₂.

Vid 50/50 mol% forsterit och anortit: 3 mol CO₂ krävs för reaktion med 2 mol H₂O

$$1 \text{ kg CO}_2: n(\text{CO}_2) = 1000 \text{ g} / 44,01 \text{ g/mol} = 22,72210861 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (2/3) \cdot 22,72210861 \text{ mol} \cdot 18,016 \text{ g/mol} = 272,907672 \text{ gram H}_2\text{O}$$

$$\Rightarrow 0,27 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg CO}_2$$

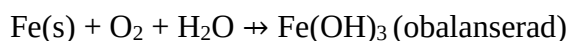
(9p)

13. På fartygsskrov gjorda av metall kan man ibland sätta en så kallad "offeranod". En offeranod är en bit metall som ska förhindra korrosion (oxidation) på fartygets skrov. Genom att själv oxideras kommer offeranoden se till att skrovet inte gör det.

- a) I den elektrokemiska spänningsserien är metaller till vänster mer oädla än metaller till höger. För att en metall ska kunna fungera som offeranoden måste den vara ädlare eller oädla än metallen i fartygsskrovet? Motivera!

Måste vara oädla. Offeranoden måste oxideras (tappa elektroner) lättare (= oädla) än metallen i fartygsskrovet.

- b) Om ingen offeranod är närvarande kommer järnet i stålet att korrodera (rosta) enligt den obalanserade reaktionsformeln



- i) Balansera reaktionsformeln.



- ii) Bestäm järnets och syrets oxidationstal (OT) före och efter reaktionen.

Före

Fe i Fe(s): OT är 0

O i O₂: OT är 0, O i H₂O: OT är -II (-2)

Efter

Fe i Fe(OH)₃: OT är +III (+3)

O i Fe(OH)₃: OT är -II (-2)

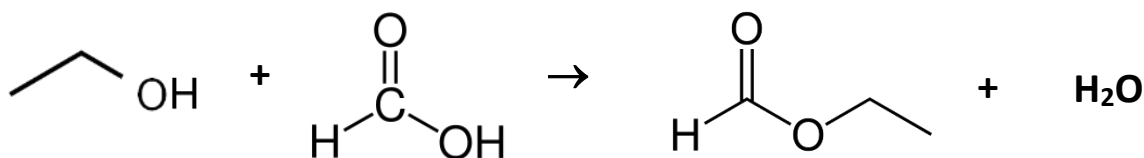
- iii) Har järn oxiderats eller reducerats genom korrosionsreaktionen? Motivera!

(6p)

Järnets oxidationstal ökar vid korrosion, vilket innebär att järn oxideras

14. Etylmetanoat (*etylformiat*) är en viktig komponent i doften av hallon. Den kan framställas genom att låta *etanol* reagera *metansyra*.

- a) Rita strukturformlerna och skriv reaktionsformeln för bildandet av etylmetanoat.



- b) Ange summaformeln för etylmetanoat.

(6p)

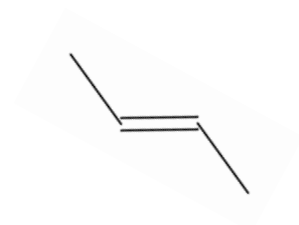


15. Rita streckformlerna för

a) cis-2-buten



b) trans-2-buten



c) 1-buten



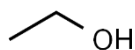
(6p)

16. Ge rationella namn till ämnena i a) – d)

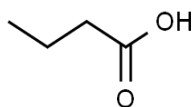
a) hexan eller n-hexan



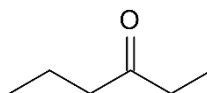
b) etanol



c) butansyra



d) 3-hexanon



(8p)

Lycka till!