



Chalmers Tekniska Högskola
Institutionen för Kemi och kemiteknik

FACIT - TENTAMEN

KURSNAMN	Kemi
PROGRAM: År	Tekniskt Basår 2023/2024
KURSBETECKNING	LET924/KBT320/LET923
EXAMINATOR	Ulf Jäglid
TID FÖR TENTAMEN	MÅNDAG 8 januari 12em 2024, Lindholmen
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd (Chalmers-godkänd) räknare, ”Formler och Tabeller”, valfri upplaga, (Natur och Kultur)
HUVUDANSVARIGA LÄRARE:	Ulf Jäglid (031-772 5702) Christine Geers Pavleta Knutsson Fredrik Hildor
DATUM FÖR ANSLAG av resultat	Senast måndag den 29 januari
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) NaF | Natriumfluorid |
| b) MgCO ₃ | Magnesiumkarbonat |
| c) Nickelklorid | NiCl ₂ |
| d) Kaliumsulfat | K ₂ SO ₄ |

(4p)

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

- | | |
|---|-------------------------------------|
| a) Hur stor massa (gram) utgör 6,50 mol Au? | 1280 gram |
| b) Hur stor substansmängd (mol) utgör 1,87 g HNO ₃ ? | 0,0297 mol |
| c) Hur många järnatomer (stycken) finns i 0,250 g FeCl ₂ ? | 1,19·10²¹ stycken |

(6p)

3. Salpetersyra är en starkt frätande syra som protolyseras fullständigt i vatten. Salpetersyra är ett starkt oxidationsmedel som i uppvärmd form kan lösa metallerna silver och koppar. Namnet salpeter kommer från latinets "sal" som betyder salt och "peter" som betyder klippa.

Du har en bägare med 75 cm³ salpetersyra med koncentrationen 0,35 mol/dm³. Du blandar bägaren med salpetersyran med en annan bägare som innehåller 33 cm³ salpetersyra med koncentrationen 0,23 mol/dm³.

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

Bägare nr 1: $n(\text{HNO}_3) = 0,35 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,075 \text{ dm}^3 = 0,02625 \text{ mol}$

Bägare nr 2: $n(\text{HNO}_3) = 0,23 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,033 \text{ dm}^3 = 0,00759 \text{ mol}$

Blandning: $c(\text{HNO}_3) = (0,02625 + 0,00759) \text{ mol} / (0,075 + 0,033) \text{ dm}^3 = 0,3133 \text{ mol/dm}^3$

Svar: $0,31 \text{ mol/dm}^3$

b) Vilket pH och pOH får blandningen?

(6p)

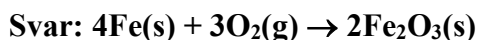
$\text{pH} = -\log[0,3133] = 0,5040$

$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 0,5040 = 13,50$

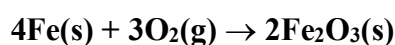
Svar: $\text{pH} = 0,50$ och $\text{pOH} = 13,5$

4. En reaktionstyp som förbryllade under renässansen var förbränningsreaktioner. Detta var på den tiden man inte visste att syre fanns och vad ett grundämne var. Det som förbryllade var att när man eldade till exempel ett ljus, papper eller olja minskade massan. Däremot om man eldade fint järnspån eller stålull så ökade massan. Detta var ett av de experiment som ledde till upptäckten av syre år 1778.

- a) Skriv en balanserad kemisk reaktionsformel för reaktionen när du tänder på stålull (Fe). Du vet att det bildas järn(III)oxid (dijärntrioxid).



- b) Ange oxidationstalet för varje ingående ämne i reaktionen



Svar: OT: Fe:0 O: 0 Fe:(+III), O:(-II)

- c) Vad kallas denna reaktionstyp där oxidationstalen för ämnena ändras?

Svar: Redoxreaktion

- d) Hur mycket (massa) järn(III)oxid bildas från 5,40 gram stålull?

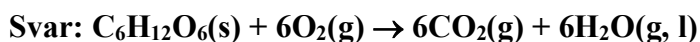
$$n(\text{Fe}) = 5,40 \text{ g} / 55,85 \text{ g/mol} = 0,0966876 \text{ mol}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = (2/4) \cdot 0,0966876 \text{ mol Fe} = 0,0483438 \text{ mol Fe}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,0483438 \text{ mol Fe} \cdot 159,69 \text{ g/mol} = 7,720021 \text{ gram Fe}$$

Svar: 7,72 gram Fe

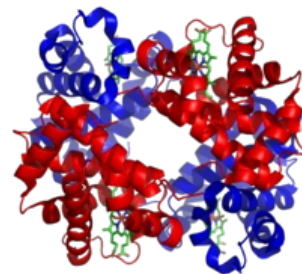
- e) Skriv upp den balanserade reaktionsformeln för förbränning av ett socker med den kemiska formeln $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.



(11p)

5. Blodets hemoglobin är ett stort protein med en molmassa på ca 68 000 g/mol. Varje hemoglobinmolekyl har fyra bundna järnatomer som kan reagera och transportera syre i blodet. När man mäter hemoglobinhalten i blodet brukar man ange detta som ett Hb-värde, vilket är $\text{gram(hemoglobin)} / \text{dm}^3(\text{blod})$.

Vad är koncentrationen järn, uttryckt i molar (mol/dm^3), i blodet om en person har ett Hb-värde på 150?



<https://en.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin>

$$c(\text{hemoglobin}) = 150 \text{ gram(hemoglobin)/dm}^3 / 68000 \text{ g/mol} = 2,205882 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$1 \text{ mol hemoglobin} \Leftrightarrow 4 \text{ mol Fe}$$

$$c(\text{Fe}) = (4/1) \cdot 2,205882 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 = 8,823529 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Svar: $8,82 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$

(4p)

6. Denna uppgift är AI-genererad utifrån följande text:

u You

Gör en tentamensuppgift som tar upp Lewisstruktur, kemisk bindning och intermolekylära krafter och som visar att studenten har goda kunskaper inom området.

Del 1: Lewisstruktur och kemisk bindning (inom molekylen)

a) Rita Lewisstrukturen för kolmonoxid (CO).

Svar: $\text{:C}\equiv\text{O:}$

b) Vad kallas den kemiska bindningstypen i CO?

Svar: (Polär) kovalent bindning

Del 2: Polaritet och intermolekylära krafter (mellan molekylerna)

c) Rita Lewisstrukturen för HCl.

Svar: $\text{H}-\ddot{\text{Cl}}:$

d) Bestäm utifrån elektronegativiteten hos varje atom om HCl molekylen är polär eller icke-polär.
Motivera ditt svar!

Elektronegativitet (EN)

H: 2,1

Cl: 3,0

Svar: Det är skillnad i EN mellan H(2,1) och Cl(3,0) vilket gör att molekylen är polär.
(Cl har en liten negativ partiell laddning och H har storleksmässigt lika liten positiv laddning)

Del 3: Vätebindning och egenskaper hos vatten

e) Diskutera hur vätebindningarna påverkar vattens smältpunkt och kokpunkt, jämfört med andra liknande molekyler utan vätebindning.

Svar: Vätebindning är en stark intermolekylär kraft mellan molekyler, vilket gör att smältpunkter och kokpunkterna blir höga för ämnen som har vätebindningar. Enkelt uttryckt så är det svårare för molekyler att "frigöra" sig (smälta eller koka bort) när det finns stark växelverkan mellan molekylerna, såsom vätebindning. Vattnets smält- och kokpunkt är därför mycket högre än förväntat med anledning av vätebindningar mellan vattenmolekylerna.

Del 4: Intermolekylära krafter

- f) Förklara skillnaden mellan dipol-dipol krafter och van der Waals krafter. Ge exempel på molekyler där varje typ av intermolekylär kraft är dominerande.

Dipol-dipol krafter uppstår mellan molekyler som har en permanent dipolmoment, vilket innebär att de har en ojämnt fördelad laddning med en positiv och en negativ del av en molekyl. Dipol-dipol interaktioner är särskilt betydelsefulla i ämnen där molekylerna har hög elektronegativitetsdifferens, vilket skapar starkare dipolmoment. van der Waals-krafter är svaga intermolekylära krafter som verkar mellan atomer och molekyler och är ett resultat av fluktuationer i elektrondistributionen som skapar momentant (temporärt) dipolmoment. Dipol-dipol krafter är starkare än van der Waals-krafter.

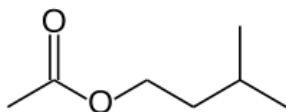
**Ex. Dipol-dipol växelverkan – Växelverkan mellan HCl-molekyler
van der Waals kraft – Växelverkan mellan kolväten såsom C₃H₈-molekyler.**

Det förväntas att du ger utförliga och välunderbyggda svar för varje del av tentamensuppgiften. Lycka till! (11p)

7. Bananer är idag en vanlig frukt (det är egentligen ett bär) i fruktdisken men även en populär smak på godis. Många tycker dock att dessa smaker inte alltid är samma. Detta är för att molekylen för "banansmak" i godis är baserat på isopentylacetat med det systematiska namnet 3-metylbutyletanoat. Det fanns stora mängder av isopentylacetat i banansorten Gros Michel, men på 1950-talet spred sig svampsjukdomen Panamasjukan och i princip utrotades Gros Michel. Det upptäcktes att banansorten Cavendish var immun mot sjukdomen, vilket ledde till att plantageägarna bytte till denna sort. Tyvärr har Cavendish en mycket lägre halt isopentylacetat (3-metylbutyletanoat) vilket gör att de smakar mindre banan.



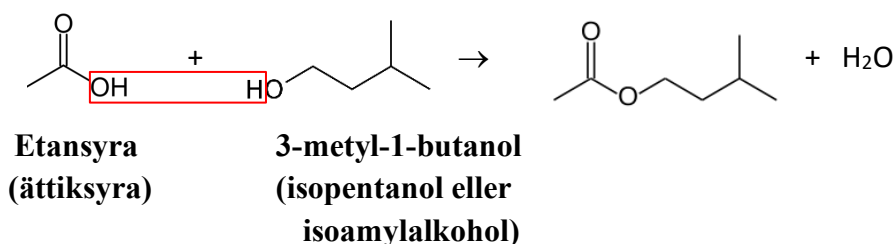
Streckformeln för isopentylacetat (3-metylbutyletanoat) är följande:



- a) Vad är isopentylacetat för typ av organisk molekyl?

Svar: Ester

- b) Skriv reaktionsformeln (med streckformel) för framställning av isopentylacetat, namnge även reaktanterna.



- c) Många förknippar bananer med högt innehåll av kalium. En banan innehåller 358 mg kalium per 100 gram banan. Hur många kaliumatomer (st) får du i dig om du äter en banan som väger 120 gram?

$$m(\text{kalium i en banan}) = 358 \text{ mg} \cdot (120/100) = 429,6 \text{ mg}$$

$$n(\text{kalium i en banan}) = 0,4296 \text{ g} / 39,10 \text{ g/mol} = 1,098721 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{Antal(kaliumatomer i en banan)} = 1,098721 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 6,616498 \cdot 10^{21}$$

Svar: $6,62 \cdot 10^{21}$ st kaliumatomer

- d) Kalium-40 är en naturligt förekommande radioaktiv isotop av kalium, men den utgör endast en liten del av kalium. Kalium-40 sönderfaller oftast genom ett så kallat betasönderfall, förenklat att en neutron i kärnan delas och blir en proton och en elektron varav elektronen är den partikel som strålar i väg från atomen. Skriv ut produkten som bildas när Kalium-40 sönderfaller. Utgå i från att det är kaliumjoner, K^+ , som sönderfaller. Ange antal protoner och neutroner som finns i produkten

Svar: ${}^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$ alt. ${}^{40}\text{Ca}^{2+}$. Det finns 20 protoner och 20 neutroner i kalcium.

(8p)

8. Vätgas är väldigt intressant för många industrier idag. Den kan tillverkas med hjälp av grön energi och genererar inga koldioxidutsläpp, vilket kan göra den till framtidens energibärare. Däremot är det ett problem med lagring av vätgas. Det finns i huvudsak två mekaniska metoder att lagra vätgas, antingen genom att kyla till flytande vätgas eller komprimera den under högt tryck. Båda dessa metoder är dock väldigt energikrävande.

- a) Vätgas har en väldigt låg kokpunkt, $t = -252,8 \text{ }^\circ\text{C}$ vid normalt tryck, 100 kPa. Varför har den så låg kokpunkt?

Vätgasmolekyler är små och opolära molekyler med endast två elektroner, vilket gör att det endast förekommer svaga intermolekylära krafter, van der Waals, mellan vätgasmolekylerna. Detta ger låg kokpunkt.

- b) Ett standardtryck för komprimerad vätgas är 700 bar (1 bar = 100 000 Pa). Hur stor tank behövs för att få plats med 5,00 kg vätgas vid detta tryck? Anta temperaturen 298 K och ange svaret i dm^3 .

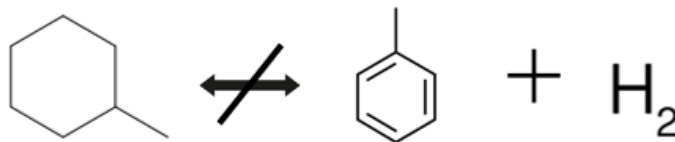
$$PV = nRT$$

$$n(\text{H}_2) = 5000 \text{ g} / 2,016 \text{ g/mol} = 2480,15873 \text{ mol}$$

$$V(\text{H}_2) = nRT/P = 2480,15873 \text{ mol} \cdot 8,314 \cdot 298 \text{ K} / (700 \cdot 100000) \text{ Pa} = 8,778245 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

Svar: $87,8 \text{ dm}^3$

- c) En annan metod för förvaring är att ”binda in” vätgas i olika kemiska föreningar. Ett exempel är att lagra vätgas i mättade/omättade kolbindningar. Ett exempel på detta är mellan toluen (metylbensen) och metylcyklohexan. Balansera reaktion nedan och beräkna hur mycket vätgas du kan lagra i 1,00 kg metylcyklohexan.



Balanserad reaktion: $C_7H_{14} \rightarrow C_7H_8 + 3H_2$

$$n(\text{metylcyclohexan}) = 1000 \text{ g} / 98,182 \text{ g/mol} = 10,185166 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol } C_7H_8 \Leftrightarrow 3 \text{ mol } H_2$$

$$n(H_2) = (3/1) \cdot 10,185166 \text{ mol} = 30,555499 \text{ mol}$$

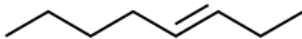
$$m(H_2) = 30,555499 \text{ mol} \cdot 2,016 \text{ g/mol} = 61,599886 \text{ g}$$

Svar: $C_7H_{14} \rightarrow C_7H_8 + 3H_2$, $m(H_2) = 61,9 \text{ gram}$ (kan lagras i 1,00 kg metylcyklohexan)

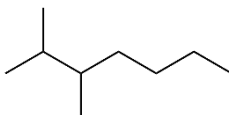
(8p)

9. Rita streckformeln för:

a) trans-3-okten

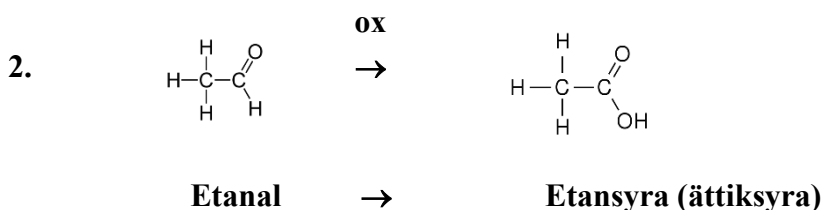
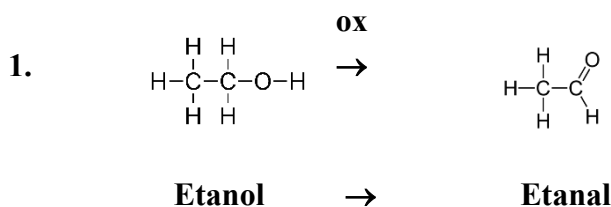


b) 2,3-dimetylheptan



(4p)

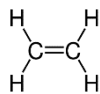
10. Etanol oxideras försiktigt med ett oxidationsmedel. Rita strukturformler och namnge de molekyler som bildas i varje steg av oxidationen. (Tips: Det går att oxidera molekylen så länge det finns en C-H bindning kvar på samma C som O är bundet till).



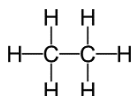
(6p)

11. Ange namn och rita strukturformel för den produkt/de produkter som bildas genom addition av:

a) vätegas till acetylen (etyn)

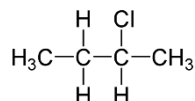


Eten



Etan

b) väteklorid till 1-buten



2-klorobutan (2-klorbutan)

(6p)

12. "Vatten-vin-mjolk-öl" är ett roligt och illustrativt experiment där man till synes förvandlar vatten först till vin, sedan vinet till mjölk och sist mjölken till öl. I själva verket är vattnet en vattenlösning med natriumvätekarbonat (NaHCO_3) och de övriga glasen är preparerade med olika ämnen: vinglasen innehåller lite fenoltalein, mjölkglaset lite bariumklorid och ölglaset lite natriumdikromat ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) och koncentrerad saltsyra.



- a) Varför blir vätskan röd som vin när man häller i "vattnet" i vinglasen?
En vattenlösning med natriumkarbonat är basisk och fenoltalein har röd färg i basisk lösning.
- b) När "vinet" hälls i mjölkglaset bildas vita BaCO_3 kristaller. Skriv ut den fullständiga reaktionen som sker i mjölkglaset med aggregationstillstånd.
 $\text{BaCl}_2(\text{aq}) + 2\text{NaHCO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- c) När "mjölken" hälls i ölglaset bryts BaCO_3 ned och bildar koldioxid enligt reaktionen:



Detta ger "ölen" dess bubblor medan natriumdikromat ger ölen dess färg. Hur stor volym koldioxid (cm^3) kan bildas ifall "mjölken" innehåller 0,200 g BaCO_3 och syran i ölglaset är $10,0 \text{ cm}^3$ 7 mol/dm^3 HCl ? Trycket är 101,3 kPa och temperaturen är 20°C .

$$m(\text{BaCO}_3) = 0,2 \text{ g} \quad c(\text{HCl}) = 7 \text{ mol/dm}^3 \quad M(\text{BaCO}_3) = 197,34 \text{ g/mol}$$

$$V(\text{HCl}) = 10 \text{ cm}^3 = 0,01 \text{ dm}^3$$

$$n(\text{BaCO}_3) = m/M = 0,2 \text{ g} / 197,34 \text{ g/mol} = 0,0010135 \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl}) = 7 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,01 \text{ dm}^3 = 0,07 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol BaCO}_3 \Leftrightarrow 2 \text{ mol HCl} \quad \text{BaCO}_3 \text{ är begränsande då } n(\text{BaCO}_3)/1 < n(\text{HCl})/2$$

$$1 \text{ mol CO}_2 \Leftrightarrow 1 \text{ mol HCl} \quad n(\text{CO}_2) = n(\text{BaCO}_3) = 0,0010135 \text{ mol}$$

$$\text{PV} = nRT \Rightarrow V = nRT / P = 0,0010135 \text{ mol} \cdot 8,314 \cdot 293,15 \text{ K} / 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 2,438 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 24,4 \text{ cm}^3 \quad \text{Svar: } 24,4 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2 \text{ bildas}$$

13. Handvärmare används för att värma händerna vid kyliga förhållanden. Handvärmare består av en vattenlösning av det organiska saltet natriumacetat (CH_3COONa). Vid tillverkningen värmer man en natriumacetatlösning till 70°C så att man får en så kallad mättad lösning (maximalt med löst natriumacetat). Eftersom vatten som lösningsmedel har lägre polaritet vid 70°C än vid rumstemperatur (20°C) så kommer lösligheten av det organiska saltet vara högre vid 70°C . Den uppvärmda natriumacetatlösningen får sedan svalna långsamt så att inget salt fällt ut.



Natriumacetatlösningen vid 20°C är nu vad man kallar övermättad, vilket innebär att det finns mer löst natriumacetat än teoretiskt möjligt. För att aktivera handvärmaren (få kristaller att bildas) behövs energi och något material med skrovlig yta. Aktivering av handvärmaren sker genom att man klämmer till ett litet metallbleck med skrovlig yta som finns i handvärmaren. Då tillförs energi och man får en yta där kristallisationen kan börja. För att återanvända handvärmaren värms den i en kastrull med varmt vatten så att natriumacetatkristallerna löser sig.

Lösligheten av natriumacetat i vatten är $0,46 \text{ g/cm}^3$ vid 20°C och $1,2 \text{ g/cm}^3$ vid 70°C .

- a) Hur stor är handvärmarens volym vid 70°C om det är $60,0 \text{ gram}$ löst natriumacetat?
Visa beräkningsgången!

$$V(70^\circ\text{C}) = 60,0 \text{ g} / 1,2 \text{ g/cm}^3 = 50,0 \text{ cm}^3$$

Svar: $50,0 \text{ cm}^3$

- b) Hur mycket mer (massa) natriumacetat finns i icke-aktiverad handvärmaren (övermättad) vid 20°C i jämförelse med en lösning som inte är övermättad? (Om du inte har fått fram ett svar i uppgift a) använd då volymen $40,0 \text{ cm}^3$).

$$m_{\text{icke övermättad}}(20^\circ\text{C}) = 50,0 \text{ cm}^3 \cdot 0,46 \text{ g/cm}^3 = 23,0 \text{ g}$$

$$\Rightarrow m(\text{skillnad}) = m_{\text{övermättad}}(20^\circ\text{C}) - m_{\text{icke övermättad}}(20^\circ\text{C}) = 60,0 \text{ gram} - 23,0 \text{ gram} = 37,0 \text{ g}$$

Svar: $37,0 \text{ gram}$ mer natriumacetat (Om $40,0 \text{ cm}^3 \Rightarrow 60,0 \text{ g} - 18,4 \text{ g} = 41,6 \text{ g}$)

Energien (värmén) som frigörs i en handvärmare vid bildandet av fast natriumacetat är 20 kJ/mol .

- c) Vad kallas en kemisk process där energi frigörs? **Svar: Exoterm process**

- d) Hur mycket energi frigörs när $10,0 \text{ gram}$ fast natriumacetat bildas?

$$n(\text{natriumacetat}) = 10,0 \text{ g} / 82,03 \text{ g/mol} = 0,121907 \text{ mol}$$

$$\text{Energi som frigörs} = 0,121907 \text{ mol} \cdot 20 \text{ kJ/mol} = 2,4381 \text{ kJ}$$

Svar: $2,44 \text{ kJ}$ frigörs

- e) Processen som sker när natriumacetat kristalliserar är spontan, vilket innebär att den totala entropin (oordningen), ΔS_{tot} , ökar. Ange vad som händer med entropin (minskar / ökar / oförändrad) för reaktionen, ΔS_{reak} , samt för omgivningen ΔS_{omg} . Motivera!

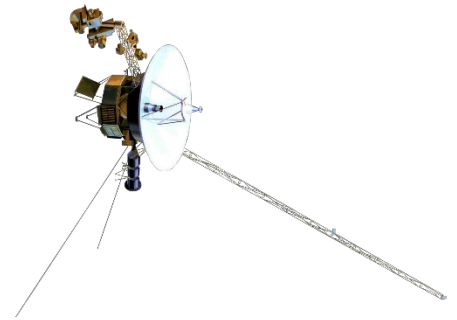
Svar: ΔS_{reak} minskar då det bildas kristaller, vilket kan ses som ett mer ordnat tillstånd.

ΔS_{omg} ökar då den frigjorda energin ökar rörelseenergin hos omgivande molekyler vilket leder till ett mer oordnat tillstånd.

f) Finns det något villkor för entropin för reaktionen och omgivning som måste vara uppfyllt för att processen ska vara spontan? Motivera!

Svar: För att reaktions ska kunna ske så måste $\Delta S_{\text{omg}} > \Delta S_{\text{reak}}$ (12p)

14. Sedan avfärden år 1977 har Rymdsonden Voyager 1 fram till idag (januari 2024) färdats hela 24 miljarder kilometer bort från jorden. Rymdsonden representerar det mest avlägsna mänskligt skapade objektet som finns i universum. Voyager 1 drivs av termoelektriska generatorer, var och en innehållande 24 komprimerade sfärer av plutonium-238-oxid. Denna teknologiska bedrift markerar en enastående prestation inom rymdforskningen och står som ett monument över människans förmåga att utforska och övervinna de yttersta gränserna av vår kosmiska omgivning.



https://en.wikipedia.org/wiki/Voyager_1

a) Bestäm antal protoner, elektroner och neutroner i grundämnet ^{238}Pu .

Svar: protoner = 94; elektroner = 94; neutroner = 144

Förutom vetenskapliga instrument har Voyagersonden utrustats med en grammofonskiva: Voyager Golden Record. Den innehåller bland annat ljud och bilder som skildrar livet och olika kulturer på jorden. Guldplattan består av koppar med en beläggning av guld. Om den underliggande kopparskivan (densitet $\text{Cu} = 8,96 \text{ g/cm}^3$) har en diameter av 30,5 cm och en tjocklek av 1,6 mm:

b) Vilken substansmängd (mol)
Cu-atomer finns i skivan?



https://en.wikipedia.org/wiki/Voyager_Golden_Record

$$V(\text{Cu}) = \pi \cdot r^2 \cdot h \Rightarrow 3,1415926 \cdot (15,25 \text{ cm})^2 \cdot 0,16 \text{ cm} = 116,898661 \text{ cm}^3$$

$$m(\text{Cu}) = V \cdot \text{densiteten} = 116,898661 \text{ cm}^3 \cdot 8,96 \text{ g/cm}^3 = 1047,412003 \text{ g}$$

$$n(\text{Cu}) = m / M = 1047,412003 \text{ g} / 63,55 \text{ g/mol} = 16,481700 \text{ mol}$$

Svar: 16,5 mol Cu-atomer

(6p)

Lycka till!